تلوث البيئة ...
الأرض والنبات

ENVIRONMENTAL POLLUTION SOIL AND PLANT

تأليـف

دكتــــور

السيد عبد النور عبد البارى

الأستاذ المساعد بقسم علوم الأراضى والمياه

كلية الزراعة - جامعة الزقازيق - مصر

الكتاب: تلوث البيئة ... الأرض والنبات

المؤلف: د. السيد عبد النور عبد البارى

رقم الطبعة: الأولى

تاريخ الإصدار: ربيع الآخر ١٤٢١ هـ - يولية ٢٠٠٠م

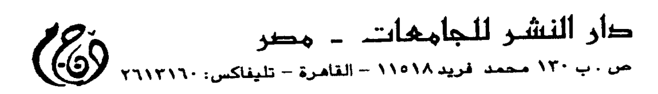
حقوق الطبع: محفوظة للمؤلف

الناشر: دار النشر للجامعات

رقم الإيداع: ٨١٨٩ / ٢٠٠٠

الترقيم الدولى: ISBN: 6 - 977 - 261 - 736

الكود: ٢٦٧ / ٢



تلوث البيئة.....

الأرض والنبات

بسم الله الرحمن الرحيم

﴿ اقْرَأْ بِاسْمِ رَبِّكَ الَّذِي خَلَقَ (١)
خَلَقَ الإِنسَانَ مِنْ عَلَقٍ (٢)
اقْرَأْ وَرَبُّكَ الأَكْرَمُ (٣)
الَّذِي عَلَّمَ بِالْقَلَمِ (٤)
عَلَّمَ الإِنسَانَ مَا لَمْ يَعْلَمْ ﴾

المقدمة

لقد شاءت حكمة الله سبحانه وتعالى أن يجعل من الأرض محور الحياة الإنسانية في هذا النسق الكوني العظيم، فأمدها بجميع ما يحتاج إليه الإنسان من نبات وحيوان، وأدار الحياة على الكرة الأرضية في تناسق وتوازن ليس له شبيه في هذا الكون. فتجسدت المعجزة الإلهية الكبرى في تجدد الحياة في دورات متتابعة متكاملة مكنت الإنسان من الإستفادة من الثروات الطبيعية الهائلة في الأرض من مياه وغابات ومعادن وغيرها.

إن سوء استخدام الموارد الطبيعية في البيئة، واستنزاف المقومات الأساسية فيها تكاد تكون كبرى المشكلات التي يواجهها عالمنا المعاصر والتي حملت العديد من المهتمين بالشئون البيئية، جماعات وأفراد، على رصد ظواهر هذه المشكلة وتقييم أبعادها، وتحليل انعكاساتها على إمكانات النمو المتصل المتوازن في ضوء ارتباط البيئة بالسياسات التي تعتمدها الدول لحماية مواردها وترشيد استخداماتها.

وبالرغم من النعم العديدة التي أنعم الله عز وجل بها على الإنسان فقد وجدنا الإنسان متجاهلاً لنواميس الكون، ويتسابق تسابقاً محموماً على استغلال الثروات الطبيعية بإسراف، وقد نهى الله عن الإسراف والتبذير وقال في كتابه الكريم **"وكلوا واشربوا ولا تسرفوا إنه لا يحب المسرفين"** [1]. ونتيجة لهذا الإسراف في استغلال الموارد والثروات الطبيعية بالإضافة إلى السلوكيات الخاطئة التي يقوم بها الإنسان في تعامله مع مفردات الكون، فقد **"ظهر الفساد في البر والبحر بما كسبت أيدي الناس ليذيقهم بعض الذي عملوا لعلهم يرجعون"** [2]. وإلى هؤلاء وهؤلاء ندعو إلى التعايش السلمي مع البيئة وألا

---

[1] سورة الأعراف آية 31.

[2] سورة الروم آية 41.

تكون دعوتنا هذه مثاراً للعناد ورداً بغير علم وتمادياً فى الغي بغير دليل كالذين جاء فيهم قوله تعـــالى **"وإذا قيل لهم لا تفسدوا فى الأرض قالوا إنما نحن مصلحون ألا إنهم هم المفسدون ولكن لا يشعرون"** [3]

ولما كانت القاعدة الفقهية تقرر أن "ما لا يتم الواجب إلا به فهو واجب"، وأن الحياة لا تقوم ولا تدوم بانتظام ونسق إبداعى إلا بالحفاظ على موارد البيئة وحمايتها، لذا فإن الالتزام بصيانة تلك الموارد وتنميتها واستعمالها الاســـتعمال الأمثل هو واجب دينى، أى يثاب الإنسان على فعله ويعاقب على تركه.

وتملك البشرية القدرة على أن تجعل التنمية علــــى الكـــرة الأرضيـــة مستديمة، أى أنه يمكنها أن تضمن استجابة التنميـــة لحاجـــات الحـــاضر دون المساومة على قدرة الأجيال المقبلة على الوفاء بحاجاتها. وهذا بدوره يتطلــــب وضع حدود بل قيود على تكنولوجيا تنظيم الموارد البيئية.

وكما أن الطلب المتزايد والمتنامى على الموارد الشـــحيحة، وارتفـــاع مستوى الحياة عند أولئك الذين يتمتعون بالرفاهية النسبية يعتبر ملوثاً خطيـــراً، فإن الفقر أيضاً يلوث البيئة، ويجهدها ولكن بطريقة مختلفة. فالفقراء والجيـــاع غالباً ما يدمرون بيئتهم المباشرة، أو يعجزون عن المحافظة عليها فى كفاحـــهم من أجل البقاء فهم يقطعون أشجار الغابات، ويستنزفون الأراضـــى الضعيفـــة، ويتزاحمون فى المدن المكتظة بالسكان ...... وفى المقابل فإن كل المشـــكلات التى ظهرت فى البيئة نتجت – معظمـــها – عـــن التقـــدم الصنـــاعى والنمـــو الاقتصادى.

---

[3] البقرة آية 11، 12.

وفى كل عام تتحول 6 ملايين هكتار من الأراضى الزراعية إلى أراضى صحراوية، كما يجرى تدمير 11 مليون هكتار من الغابات الاستوائية سنوياً، وتزداد المخاطر بأسرع من قدرتنا على التحكم فيها.

ففى الحاضر كانت تتركز الاهتمامات حول آثار التنمية فى البيئة، واليوم نحتاج إلى أن نهتم – بنفس القدر – بالطرائق التى يمكن بها للتدهور البيئى أن يؤدى إلى إخماد التنمية الاقتصادية أو عكس اتجاهها. فالتدهور البيئى يؤدى إلى تآكل إمكانات التنمية منطقة بعد أخرى. كما أن التفاعلات البيئية لا تقيم اعتباراً لحدود الملكية الفردية أو السلطان السياسى، فطريقة استخدام المياه فى أعالى المجرى المائى تؤثر على تدفق المياه إلى أسفل المجرى، وكفاءة الآلات فى المصنع تؤثر على الوسط المحيط. وهذه العلاقة المتبادلة ليست مجرد ظاهرة محلية بل ممتدة إلى المستوى الدولى. والصناعة تقوم باستخراج المواد من قاعدة الموارد الطبيعية ثم تقوم بإدخال المنتجات والتلوث على حد سواء إلى البيئة.

وقد أصبح التلوث قضية اليوم والغد، والحصول على مستلزمات الحياة نظيفة غير ملوثة أمل الجميع، وهذا فى الوقت الذى نجد فيه أن التلوث الذى يحدث فى الأرض فى معظم الأحوال غير مرئى وملموس.

ومع الإيمان بأن من الصعوبة معالجة الآثار البيئية السلبية علاجاً كاملاً حيث يصاحب العلاج بعض الآثار السلبية الأخرى. ولكن يمكننا أن نقترح كل السيناريوهات أو البدائل الممكنة ثم نختار أفضلها، مع الأخذ فى الاعتبار أن التقييم الاقتصادى لمشكلات البيئة يتزامن معه أو يسبقه البعد الاجتماعى للمحافظة على بيئة نظيفة.

وفى ضوء تعدد مظاهر ومصادر التلوث، وانعكاس ذلك على إنتاجية الأرض كما وكيفا. تكون المعرفة بداية الإلمام بالقضية، أسبابها ومصادرها وعلاجها.

وفى الختام فإن السعى نحو بيئة نظيفة وتنمية مستديمة يتطلب عدة أمور أهمها ما يلى:

1- نظام تعليمى قادر على رفع الوعى البيئى من خلال العقيدة وعلى تكوين الإنسان المبدع.

2- نظام سياسى يؤمن بالمشاركة الفعالة للمواطنين فى صنع القرار.

3- نظام اقتصادى قادر على الاعتماد على الذات.

4- نظام تكنولوجي يجمع شتات الجهود العلمية المتناثرة فى صورة نشاط مؤسسى.

5- نظام إنتاجى يحترم واجب المحافظة على القاعدة البيئية للتنمية.

6- نظام اجتماعي يضمن فيه الحد الأدنى للمعيشة والتكافل الاجتماعى.

7- نظام دولى يرعى الأنماط المستديمة للتجارة والتمويل والبيئة.

8- نظام إدارى مرن يملك القدرة على التصحيح الذاتى.

9- نظام تشريعى لضمان العدل وحماية البيئة.

والله الموفق أولا وأخيرا ،،،

المؤلف

غرة المحرم 1421 هـ

الموافق 7 / 4 / 2000 م

محتويات الكتاب

رقم الصفحة

الفصل الأول

الفصل الثانى

الفصل الثالث

الفصل الرابع

الفصل الخامس

الفصل السادس

الفصل السابع

الفصل الثامن

الفصل التاسع

المراجع

الفصل الأول

مفهوم الأرض
مكونات النظام الأرضى



الفصل الأول

مفهوم الأرض Concept of Soil

إن الاستغلال الأمثل لأى مورد طبيعى والمحافظة عليه مــن التلــوث يستلزم الوقوف على تركيبه وخواصه. وحيث إن التربة هى المكان الطبيعـــى لنمو النبات، فقد وجب علينا أن نعرف تركيبها وخواصها حتـــى نتمكــن مــن معـــرفة إمكانياتها ومشكلاتها.

الأرض: Soil

جسم طبيعى يشغل الطبقة العليا من القشرة الأرضية، مكون من نظـــام مفتوح مسامى رطب حــى **"ومن آياته أنك ترى الأرض خاشعة فإذا أنزلنا عليها الماء اهتزت وربت إن الذى أحياها لمحيى الموتى إنه على كل شئ قدير"**[1] لها كيان قائم بذاته متطور باستمرار.

مكونات النظام الأرضى: Components of the soil system

تتكون الأرض من أربع مكونات محددة هى:

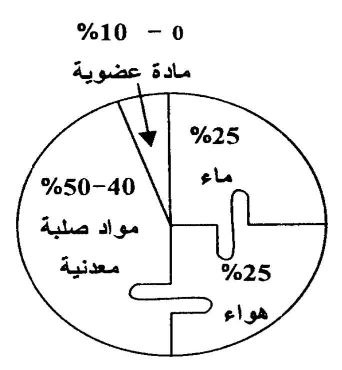
1- الطور الصلب Solid phase
2- الطور السائل Liquid phase
3- الطور الغازى Gaseous phase
4- الطور البيولوجى Biological phase

وكل من هذه الأطوار يحتوى على أنواع كثيرة متعددة ومختلفـــة مــن المركبات الكيماوية، والمكونات البيولوجية وجميعها مختلطة ببعضها البعـــض

---

[1] سورة فصلت الآية 39.

وتتفاعل فيما بينها. ويختلف حجم الأطوار المختلفة من وقت إلى آخـــر ومـــن مكان إلى آخر شكل (1-1).



شكل (1-1): التركيب الحجمى للطبقة السطحية للتربة الزراعية جيدة الصرف

أولا: الطور الصلب: Solid phase

يكون هذا الطور أكثر من نصف حجم الأرض وأكثر مـــن 75% مـــن وزنها، وهو المحدد للبناء الطبيعى للأرض ويتكون من حبيبات مختلفة الأحجام، تتراوح ما بين المدى الغروى إلى أحجام الحصى والحجارة ويســـمى الجـــزء الصلب غير العضوى. أما الجزء الصلب العضوى ويتراوح بيـــن < 0 إلـــى >10%، وينتج جزء كبير منه من تحلل المادة العضوية بواسطة الكائنات الحية، ويلعب دورا هاما فى تجميع حبيبات التربة وفى خصوبة وتغذية النبات.

ثانيا: الطور السائل: Liquid phase

بعد الرى أو سقوط الأمطار تمتلئ مسام التربة بالمحلول المائى حيـــث تذوب المواد السهلة الذوبان العضوية أو غير العضوية، وتعتبر مصدرا رئيســيا للعناصر الغذائية والمعدنية التى تمتصها البذور. وهو الطـــور الـــذى يعطـــى

للأرض الحياة تصديقاً لقول المولى عز وجـل **"وجعلنـا من المـاء كـل شـئ حـي".**[1] وتوجد حالة من التوازن الديناميكى بيـن الطـور السـائل ومكونات الأطوار الأخرى فى الأرض. (شكل 2-1).

ثالثاً: الطور الغازى: Gaseous phase

بعد الرى تبدأ أغشية الماء فى الانكماش، حيث توجد علاقة عكسية بيـن حجمى الهواء والماء، ويشغل الهواء الفراغـات الموجـودة ويعتـبر مصـدراً ضرورياً للأكسجين اللازم لتنفس جذور النبات، ونتيجة لتنفس جـذور النبـات والكائنات الحية يحدث نقص فى الأكسجين وزيادة فى CO_2 يتم تعويض هـذا النقص بالتبادل المستمر بين غازات الهواء الأرضى والغلاف الجوى.

يمتاز هواء التربة بارتفاع نسبة CO_2 – فتكون أحياناً أقل من 1% وقد تزيد عن 3% – وقلة الأكسجين. وغاز CO_2 ينتج من تحلل المادة العضويـة وتنفس الجذور. وغاز CO_2 يذهب منه جزء إلى الهواء الجوى، والجزء الآخـر يذوب فى الماء مكوناً حمض الكربونيك H_2CO_3 الذى يتأين إلى H^+، HCO_3^- وتتراوح كمية CO_2 فى التربة من 2 – 10 لتر/م^3/يوم وهواء التربة المحتـوى على كمية أكسجين أقل من 10% يؤدى إلى نقص فى نمو النبات وعندما يقـل عن 5% فإن النبات يموت.

رابعاً: الطور البيولوجى: Biological phase

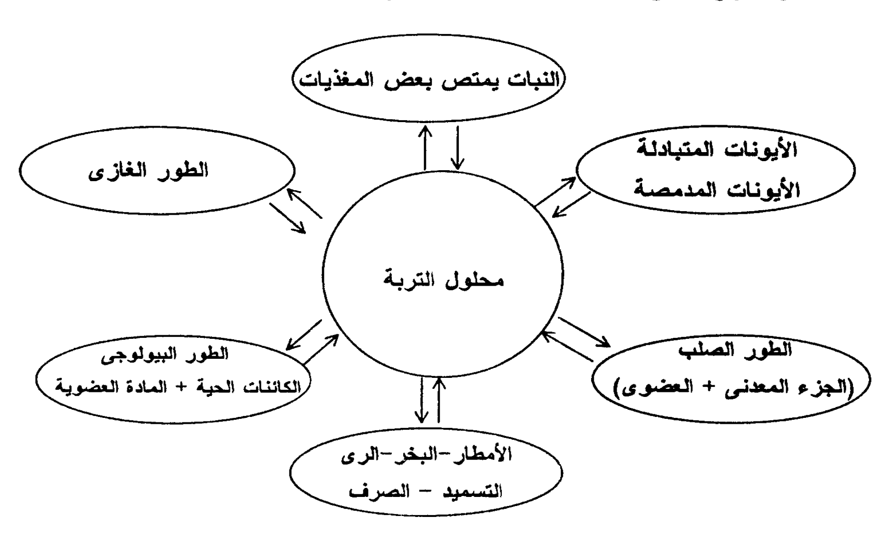
يحتوى المكون البيولوجى على الكائنات الدقيقة والحشـرات والديـدان الأرضية وجذور النباتات. وتقوم الكائنات الدقيقة بتحليل المادة العضوية حتـى تتفرد العناصر الغذائية المعدنية الصالحة لأن يمتصها النبات، وتسـتهلك هـذه

---

[1] سورة الأنبياء الآية 30.

الكائنات جزءاً من هذه العناصر. بالإضافة إلى مساهمة الكائنات الحية فى المحافظة على الخاصية المسامية للأرض.

ويمثل شكل (1-1) النسب التقريبية للمكونات الأربع السابق ذكرها، وتتكون هذه النسب فى الظروف المثلى من 50% مكونة الجزء الصلب حجماً (< 0 - < 10% عضوى، < 40% - < 50% معدنى)، والنصف الآخر حجماً عبارة عن المسافات البينية المحصورة بين الحبيبات والممتلئة بالماء والهواء، وعند الظروف المثلى للنمو يكون الطور السائل ممثلاً لـ 25% حجماً، والطور الغازى ممثلاً لـ 25% الأخرى.



شكل (2-1): التوازن الديناميكى بين الأطوار المختلفة للأرض

الصفات الكيماوية والمعدنية للأراضى:

التركيب الكيماوى للأرض فى صورة نسب مئوية من العناصر المختلفة كان موضعاً لدراسات عديدة من علماء الأراضى، ولكن نظراً لمعرفتنا الحالية

بالعلاقات المختلفة بين النباتات والأراضى، اتجه الاهتمام نحو معرفة خـــواص وصفات المعادن المكونة للأرض ونوعية العناصر الداخلة فى تركيبها، ولذلـــك لم يعد الاهتمام قاصر على التركيب الكيماوى العـــام لـــلأرض. فلقـــد أصبـــح الأرتباط الوثيق بين التركيب الكيماوى للأرض فى حد ذاته، وبين نمو النبـــات أقل أهمية مما أدى إلى قيام مفهوم جديد هو صلاحية أو تيسير العناصر الغذائية للنبات، ولذلك فقد أصبح التحليل الكيماوى يركز بصفة خاصة علـــى الصـــور المختلفة للعنصر فى الأرض وليس على نسبته الكلية فقط.

كما أن المعرفة الحالية للدور الكبير الذى يلعبه الجزء الغـــروى مـــن الأرض (المعدنى + العضوى) فى تغذية النبات وفى تـــأثيره علـــى الخـــواص الطبيعية مثل النفاذية والقدرة على الاحتفاظ بالماء قد أدى إلى الاهتمام الكبـــير بدراسة صفات هذا الجزء الغروى من حيث التركيب المعدنى ودراسة القوانيـــن التى تتحكم فى تصرفاته.

ولما كانت الأرض قد نشأت من مواد تتكون من صخور ومعادن القشرة الأرضية فلابد من الإلمام بالتركيب الكيمـــاوى والمعدنـــى للقشـــرة الأرضيـــة كأســـاس أولى.

التركيب الكيماوى والمعدنى للقشرة الأرضية:

أمكن التحقق من وجود أكثر من 92 عنصـــرا كيماويـــا فـــى القشـــرة الأرضية تدخل هذه العناصر فى تركيب معادن مختلفة بلغ عدد المعروف منـــها حاليا أكثر من 2000 معدن، وبالرغم من هذا العدد الكبير إلا أنه لوحظ أن عددا صغيرا منها فقط يشكل الجزء الأكبر ذا الأهمية فى التركيب المعدنى للقشـــرة الأرضية. والتركيب الكيميائى للقشرة الأرضية كما يتضح من الجدول (1-1).

جدول (1-1): محتوى الطور الصلب فى الأراضى من العناصر المختلفة %.

العنصر	%	العنصر	%
الأكسجين	49.0	الزنك	5×10^{-3}
السيليكون	33.0	السيريوم	5×10^{-3}
الألمونيوم	7.1	النيكل	4×10^{-3}
الكربون	2.0	النحاس	2×10^{-3}
الحديد	3.7	الليثيوم	3×10^{-3}
الكالسيوم	1.3	البورون	1×10^{-3}
البوتاسيوم	1.3	الرصاص	1×10^{-3}
الصوديوم	0.6	الغاليوم	(10^{-3})
الماغنسيوم	0.6	القصدير	(10^{-3})
الهيدروجين	(0.50)	الكوبلت	8×10^{-4}
التيتانيوم	0.46	التوريوم	6×10^{-4}
النيتروجين	0.1	الزرنيخ	5×10^{-4}
الفوسفور	0.08	اليود	5×10^{-4}
الكبريت	0.08	السيزيوم	5×10^{-4}
المنجنيز	0.08	المولبيدنم	3×10^{-4}
الباريوم	0.05	الاورانيوم	1×10^{-4}
السترونتيوم	0.03	البيريليوم	(10^{-4})
الزركون	0.03	الجرمانيوم	(10^{-4})
الفلور	0.02	الكادميوم	5×10^{-5}
الكروم	0.02	السلنيوم	1×10^{-6}
الكلور	0.01	الزئبق	(10^{-6})
الفانديوم	0.01	الراديوم	8×10^{-11}
الروبيديوم	6×10^{-3}		

والتركيب الكيميائى للصخور والمعادن توضحه البيانات الموجودة فـــى جدول (1-1) كما تقدم ومنها نلاحظ ما يلى:

- 8 عناصر فقط تكون 98% من وزن القشرة الأرضية وتشمل الأكسجين – السليكون – الألمونيوم – الحديد – الكالسيوم – الصوديوم – البوتاســيوم – الماغنسيوم.
- توجد 7 عناصر على هيئة أكاسيد ابتداء من أكسيد السليكون إلـــى أكســيد الماغنسيوم.
- يكون الأكسجين تقريباً نصف وزن القشرة الأرضية ويشـــكل 91% مـــن حجمها.
- العناصر اللازمة لنمو النبات والحيوان تتواجد فى القشرة الأرضية بنســـبة ضئيلة جداً.

وعلى وجه العموم لا تتواجد العناصر فى صورة منفردة فى الأرض بل تتواجد فى صورة مركبات معدنية وعضوية.

ومكونات التربة المختلفة لا تتباين فقط فى حجمها وإنما تمتلك تركيبـــاً كيميائياً ومعدنياً مختلفاً، وتختلف أيضاً فى محتوياتها من العناصر الغذائية. ففى الأراضى الخفيفة يسود الكوارتز SiO_2 والفلسبارات، ولهذا تتصف بـــالمحتوى العالى من السليكات وقليلاً من الألمونيوم والحديـــد والكالســيوم والماغنســيوم والبوتاسيوم والفوسفور والعناصر الأخرى (جدول 2-1).

جدول (2-1): محتوى العناصر المختلفة فى مكونات الأرض من الرمل، السلت والطين.

أحجام الحبيبات (مم)	محتوى العناصر %						
	Si	Al	Fe	Ca	Mg	K	P
الرمل (0.2-1.0)	43.4	0.8	0.8	0.3	0.3	0.7	0.02
حبيبات الرمل والسلت الكبيرة (0.04-0.2)	43.8	1.1	0.8	0.4	0.1	1.2	0.04
حبيبات السلت المتوسطة (0.01 - 0.04)	41.6	2.7	1.0	0.6	0.2	1.9	0.09
حبيبات السلت الصغيرة (0.002- 0.01)	34.6	7.0	3.6	1.1	0.2	3.5	0.04
الطين < 0.002	24.8	11.6	9.2	1.1	0.6	4.1	0.18

وتدخل غالبا فى تركيب الحبيبات صغيرة الحجم (< 0.1 مم) معادن الألمونيوم – السليكات الثانوية، لذلك نلاحظ ارتفاع محتواها من الألمونيوم، الحديد، الكالسيوم، الماغنسيوم، الصوديوم، الفوسفور، وعناصر التغذية الأخرى. وارتباطا بهذا فإن الأراضى الثقيلة القوام تكون أعلى فى محتواها من العناصر الغذائية مقارنة بالأراضى الخفيفة.

ويعزى للتركيب الميكانيكى للتربة معظم الخصائص من المسامية، السعة المائية – النفاذية – المحتوى من العناصر الغذائية – السعة التبادلية الكاتيونية – السعة التنظيمية.

الفصل الثانى

التلــــوث البيــئى

التلوث البيئى Environmental pollution

التلوث البيئى هو كل ما يؤدى بشكل مباشـــر أو غـــير مباشـــر إلـــى الإضرار بكفاءة العملية الإنتاجية نتيجة للتأثير السلبى على ســـلامة الوظـــائف المختلفة لكل الكائنات الحية على الأرض سواء النبات أو الحيوان أو الإنسان.

وبمعنى آخر التلوث هو كل ما يؤثر على جميع عناصر البيئة بما فيـــها من نبات وحيوان وإنسان، وكذلك كل ما يؤثر فى تركيب العنـــاصر الطبيعيـــة (التربة – الماء – الهواء وغيرها).

تلوث التربة: Soil pollution

أشرنا إلى أن الأرض بناء يتألف من أربع مكونات أساســـية: المكـــون الأول حبيبات معدنية تكون الإطار الهيكلى يدمص عليها المكون الثـــانى وهـــو بقايا الكائنات الحية ومخرجاتها (مواد عضوية)، ويحفظ بينه قدراً من المكونيـــن الثالث والرابع وهما الماء والهواء. والتربة هى حصيلة تفاعلات هذه الكائنـــات الحية والمكونات المعدنية والبقايا العضوية وتأثرها بالظروف المناخية. وبالتالى فالتربة نظام بيئى فرعى ضمن المنظومة البيئية الأشمل وهى الأرض.

وتلوث الأرض عبارة عن أى خلل يحدث للنظام الأرضى المتـــوازن، يذهب ببعض صفاته أو عناصره أو يحـــدث ضـــرراً للصفـــات الفيزيائيـــة أو الكيميائية. وهذا الخلل يتصل بواحد من العنصرين التاليين أو بكليهما (النبات – التربة).

تدهور وتلوث الأراضى فى الوطن العربى:

كما يتضح من جدول (1-2) أن ما يقرب من 47 مليون هكتار علـــى مستوى العالم العربى يحدث لها تدهور كيميائى. وأن نحو 60% مـــن جملـــة مساحة السودان قد تأثرت بالتلوث البيئى بسبب تدمير الغابات وقطع الأشـــجار للوقود الذى يمثل 60% من جملة الوقود المستهلك.

جدول (1-2): مساحات تدهور التربة فى العالم العربى وفقاً لأسبابها.

(ألف هكتار)

الدول العربية	تدهور كيميائى	تدهور فيزيائى	انجراف التربة بالماء	انجراف التربة بالهواء	أسباب أخرى
الأردن	367	3111	332	3237	387
الإمارات	449	-	118	1070	1665
البحرين	-	-	-	-	-
تونس	862	-	3787	4023	3404
الجزائر	8406	-	3858	12309	172378
جيبوتى	-	-	54	381	-
السعودية	2647	-	212	49445	99781
السودان	4157	2574	17329	22330	71114
سوريا	2531	21	1154	3090	-
الصومال	234	-	2195	8872	10543
العراق	10457	21	1154	3090	-
عمان	167	-	2772	3653	12437
قطر	18	-	-	191	-
الكويت	40	-	-	281	-
لبنان	700	-	65	-	-
ليبيا	1772	-	1264	23722	97044
مصر	2486	88	-	1369	87205
المغرب	551	-	3626	622	34639
موريتانيا	1013	407	84	17402	76292
اليمن	437	-	5582	6197	8657
إجمالى	47294	3111	43586	161284	675446

المصدر: (1) ورقة مقدمة إلى الدورة الحادية عشرة للجنة الإقليمية للتربة واستخدامات المياه فى الشرق الأدنى (حصر وتقييم موارد التربة فى الشرق الأدنى وشمال إفريقيا) تونس 1992.

ولذا أصبحت مشكلة تلوث الأراضى الزراعية من أهم المشكلات في الوقت الحاضر وسوف تستمر فى المستقبل لزيادة احتمالات التلوث نتيجة لزيادة النشاط الإنسانى سواء المحلى أو العالمى، فعلى سبيل المثال ظهر أن بعض الأراضى يمكن أن تتلوث عن طريق الأمطار الحامضية والمحملة بملوثات من أماكن بعيدة مما يزيد من التعقيدات المؤثرة فى دراسات تلوث البيئة. وقد وجد أن فى مقاطعة ويلز بإنجلترا مساحات شاسعة ملوثة بالمواد المشعة المتساقطة مع الأمطار والرياح نتيجة لحادث مفاعل تشرنوبيل في جمهورية أوكرانيا عام 1986م.

سلوك العناصر أو المواد المضافة للتربة:

عندما تضاف أو تصل إلى الأرض المخلفات أو المياه تستوعب التربة المواد أو العناصر كالتالى:

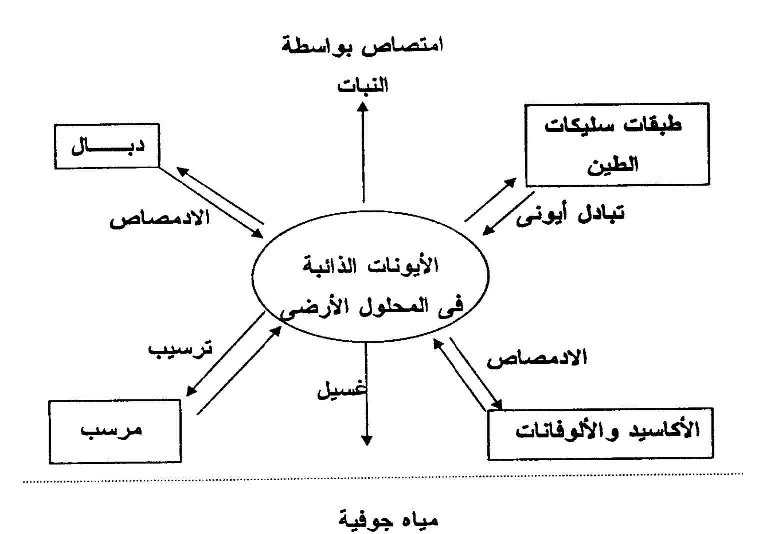
1- التسرب والرشح والغسيل.

2- التبادل الأيونى والأدمصاص.

3- التفاعل الكيميائى والتحلل.

4- النشاط الحيوى.

وعموماً يوجد نوع من التوازن الديناميكى بين الجزء من المعدن الموجود فى الطور الصلب والجزء الموجود منه على صورة ذائبة فى المحلول الأرضى.



شكل (1-2): النشاط الديناميكى لذوبان وصلاحية وحركة العناصر فى الأراضى

سلوك العناصر الثقيلة فى الأرض والنبات يحتـــاج إلـــى مزيـــد مـــن الدراسات، حيث تتراكم العناصر الثقيلة فى التربة ويصعـــب التخلـــص منـــها بالغسيل أو البخر أو الأدمصاص أو الأمتصاص بواسطة النباتات. وقد قـــدرت فترات نصف العمر (وهى الفترة الزمنية اللازمة للتخلـــص مـــن 50% مـــن مخلفات العنصر فى الأرض) لكثير من العناصر تحت ظروف الليزميتر فكانت كالتالى:

الزنك	70 – 510	عام
الكادميوم	13 – 1100	عام
النحاس	310 – 1500	عام
الرصاص	740 – 5900	عام
الزئبق	500 – 1000	عام
النيكل	1000 – 3000	عام

وفى الظروف الرطبة لا تقل الفترة اللازمة لغسيل العنصر عن 40 عام، وأوضحت معظم الدراسات أنه لا يمكن إزالة العناصر الثقيلة من التربة تماماً، كما أظهرت الدراسات أن هناك زيادة مستمرة فى تراكم العناصر الثقيلة فى الأرض على المستوى العالمى نتيجة لزيادة الأنشطة الصناعية والزراعية. وهناك العديد من الأدلة على أن إضافة المعادن الثقيلة إلى الطبقة السطحية للأرض يتأثر بالملوثات المحلية أو بالانتقال من مكان إلى آخر على المدى الطويل.

على سبيل المثال وجد أن معدل الإضافة السنوى من تساقط الغبار فى مدينة طوكيو 0.05 ملليجرام/كجم للكادميوم، 0.5 ملليجرام/كجم لكل من الرصاص والمنجنيز.

والتلوث المحلى للتربة يحدث حول المناطق الصناعية حيث المصانع ومخلفات القمامة والصرف الصحى. ومن الجدير بالذكر أن انتقال هذه العناصر الثقيلة يكون لمسافات طويلة وخاصة للعناصر الطيارة مثل (الزئبق – السيلنيوم) وبالتالى يصعب تحديد أصل هذا التلوث.

مصادر التلوث: Sources of pollution

هناك عديد من المصادر للتلوث ويمكن أن نلخص أهمها بالنسبة للتربة والنبات فى هذا الجزء فيما يلى:

1- الأسمدة الكيميائية.
2- مخلفات الصرف الصحى السائلة والصلبة.
3- المخلفات الزراعية.
4- مخلفات المدن.
5- المخلفات الحيوانية.
6- النفايات الصناعية.
7- المحسنات الطبيعية والكيميائية.
8- المبيدات.
9- الغلاف الجوى.

وكما يتضح من الجدول (2-2) أن مصادر التلوث الزراعية والتي تضاف للتربة بصفة دائمة تحمل في تركيبها كمية من العناصر الصغرى تتراكم في التربة، وتنتقل إلى النبات بمرور الزمن وبالأخص عندما يكون المستنفذ من هذه العناصر بواسطة النبات النامى قليلاً جداً. وتأتي مخلفات الصرف الصحي في المرتبة الأولى من حيث محتواها العالى من العناصر الصغرى مما يستلزم عناية خاصة ودائمة عند استخدامها في الزراعة.

والأسمدة العضوية والأسمدة النيتروجينية بالرغم من أن محتوى العناصر الصغرى بهما قليل إلا أن الإضافة الدائمة والمستمرة السنوية تحتاج إلى حسابات ميزان المدخلات والمخرجات حتى يتم المحافظة على التربة في الحدود الآمنة في محتواها من العناصر الصغرى.

ويوضح جدول (2-3) المصادر المتوقعة للتلوث بالعناصر الصغرى نتيجة الاستخدامات المختلفة لها. جميع العناصر المذكورة في الجدول يكون الغلاف الجوى إحدى مصادر التلوث بها. والتلوث بالبورون مصدره الأساسي مياه الرى واحتراق الجازولين. والتلوث بالزئبق المصدر الأساسى له المبيدات الفطرية وبخار الجو.

جدول(2-2): محتوى العناصر الثقيلة ملليجرام/كجم في المصادر الزراعية المختلفة.

العنصر	المبيدات	الأسمدة العضوية	الأسمدة النيتروجينية	الحجر الجيرى	الأسمدة الفوسفاتية	مخلفات الصرف الصحى الصلبة الحمأة
As	60-22	25-3	120-2.2	24.0-0.1	1,200-2	26-2
B	-	0.6-0.3	-	10	115-5	1,000-15
Ba	-	270	-	250-120	200	4,000-150
Be	-	-	-	1	-	13-4
Br	85-20	41-16	716-185	-	5-3	16.5-20
Cd	-	0.8-0.3	8.5-0.05	0.1-0.04	170-0.1	1,500-2
Ce	-	-	-	12	20	20
Co	-	24-0.3	12-5.4	0.4-0.3	12-1	260-2
Cr	-	55-5.2	19-3.2	15-10	245-66	40,600-20
Cu	50-12	60-2	15-1<	125-2	300-1	3,300-50
F	45-18	7	-	300	38,000-8,500	740-2
Ge	-	19	-	0.2	-	10-1
Hg	42-0.8	0.2-0.09	2.9-0.3	0.05	1.2-0.01	55-0.1
In	-	1.4	-	-	-	-
Mn	-	550-30	-	1,200-40	2,000-40	3,900-60
Mo	-	3-0.05	7-1	15-0.1	60-0.1	40-1
Ni	-	30-7.8	34-7	20-10	38-7	5,300-16
Pb	60	15-6.6	27-2	1,250-20	22.5-7	3,000-50
Rb	-	0.06	-	3	5	95-4
Sc	-	5	-	1	36-7	7-0.5
Se	-	2.4	-	0.1-0.08	25-0.5	9-2
Sn	-	3.8	16.0-1.4	4.0-0.5	19-3	700-40
Sr	-	80	-	610	500-25	360-40
Te	-	0.2	-	-	23-20	-
U	-	-	-	-	300-30	-
V	-	-	-	20	1,600-2	400-20

جدول (3-2): الاستخدامات المختلفة للعناصر الثقيلة والمصادر المتوقعة لتلوث الأراضى الزراعية بها.

المعدن	الاستخدامات الأساسية	مصادر تلوث التربة
ارسينيك	أدوية – مبيدات – طلاء	مبيدات حشرية – عادم غازى صناعى
كادميوم	سبائك مقاومة الصدأ – أصباغ – بطاريات	شوائب أسمدة – أدخنة
رصاص	محسن للبنزين والجازولين – البطاريات نمطية الكابلات	عادم السيارت – أدخنة – مبيدات – أسمدة
زئبق	الأسنان – عقاقير – الإضاءة بالفلورسين – ترمومترات وأجهزة علمية	مبيدات فطرية – بخار زئبق بالجو
النحاس	العملات – سبائك – أسلاك كهربائية – أوانى ومواسير	أتربة صناعية – مخلفات مجارى – مبيدات – مناجم أسمدة
الزنك	سبائك – جلفنة المعادن – النحاس الأصفر – مستحضرات تجميل	مخلفات مجارى – مخلفات صناعية – أسمدة – مبيدات
النيكل	صناعة الصلب والسبائك – محسن للجازولين	أسمدة – احتراق الجازولين
المنجنيز	بطاريات – كيماويات – أسمدة فيرومنجنيز	رشح المناجم – أسمدة – رماد متساقط من الهواء
البورون	منظفات زجاج – أسمدة – محسن للجازولين	احتراق الجازولين – ماء الرى

وما زالت الحدود الآمنة للاستخدام من المخلفات العضوية تحت التجريب والنقاش. حيث إن الحدود المسموح بها لا تتوقف فقط على نظام النبات – الأرض. بل هناك عديد من العوامل التى تحدد معدلات الإضافة للأراضى الزراعية.

أهم العوامل التى تؤثر على التلوث البيئى:

تتعدد العوامل التى تؤثر على التلوث البيئى إلا أن أهمها ما يلى:

1- عوامل خاصة بالمادة المضافة:

أ- الكميات الكلية المضافة من العناصر الثقيلة.

ب- نسبة العنصر المضاف بالنسبة للعناصر الثقيلة الأخرى.

جـ- الحمل التراكمى للعناصر الثقيلة.

2- عوامل خاصة بالأرض:

أ- المحتوى الكلى للعناصر الثقيلة فى الأرض.

ب- خواص التربة الطبيعية والكيميائية (محتوى الطين – نسبة المادة العضوية – حالة الصرف – رقم pH – نسبة $CaCO_3$، CEC – أكاسيد الحديد والألمونيوم – الأحياء الدقيقة – ......).

جـ- النسبة بين العناصر المتداخلة (الأثر المتبادل والتنافسى).

3- عوامل خاصة بمياه الرى:

أ- طريقة الرى وكمية مياه الرى.

ب- التحليل الكيميائى لمياه الرى ومحتواها من العناصر المختلفة.

جـ- تركيز الأملاح.

د- رقم pH.

هـ- المحتوى البيولوجى فى مياه الرى.

4- عوامل خاصة بالنبات:

أ- نوع النبات.

ب- قيمة معامل السمية لكل عنصر من العناصر بالنسبة للنباتات النامية.

جـ- عمر النبات. د- الجزء المستخدم من النبات.

هـ- مدى حساسية وشدة تأثر النبات بمستويات العناصر الثقيلة.

5- عوامل خاصة بالبيئة:

أ- الظروف المناخية.

ب- طبوغرافية المنطقة.

جـ- الموازنة بين المدخلات والمخرجات فى البيئة المحلية.

د- القيود التى يجب وضعها للجرعة المسموح بها للعناصر الثقيلة.

هـ- عمليات الخدمة الزراعية.

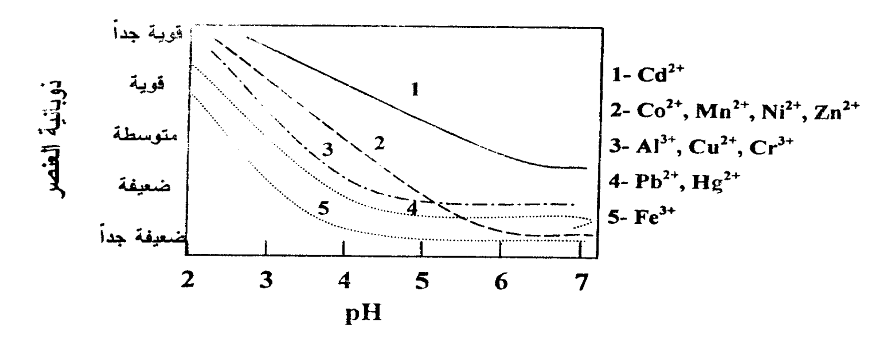
الحدود القصوى المسموح بها من العناصر الثقيلة فى الأراضى المختلفة:

ونتيجة للعوامل السابق ذكرها يختلف تأثر النباتات النامية فى الأراضى الملوثة اختلافاً واسعاً ويوضح جدول (7-3) الحدود القصوى المسموح بها من العناصر الثقيلة فى الأراضى المختلفة. وقد استخدم بعض العلماء مصطلح (مقاومة الأرض للتلوث بالعناصر الثقيلة)، حيث تزيد مقاومة الأرض بزيادة نسبة الطين وقرب رقم pH من التعادل وزيادة المادة العضوية.

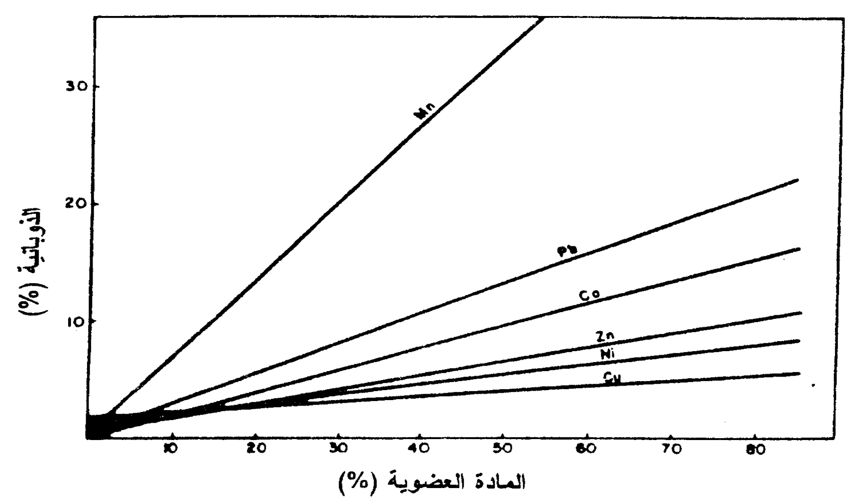
تأثير pH على ذوبانية العناصر الثقيلة:

الأرض عبارة عن خليط متغير الخواص من المواد العضوية، المعدنية، معادن الطين – أكاسيد الحديد والأمونيوم والمنجنيز والمكونات الأخرى بالإضافة إلى نوع المادة الذائبة والميكروبات. وميكانيكية الارتباط بينها معقدة ومركبة شكل (1-2). وتأثير رقم pH على ذوبانية العناصر الثقيلة يعتمد على الخواص الجيوكيميائية للعنصر بالإضافة إلى عديد من عوامل التربة. على سبيل المثال نشاط العناصر الثقيلة وعلاقته برقم pH للتربة يتغير طبقاً لكمية ونوع المادة العضوية شكل (2-2).

كما يتضح من شكل (1-2) نجد أن هناك علاقة عكسية بين رقم pH وصلاحية العناصر الثقيلة فى التربة.



شكل (2-1): شكل تخطيطى يوضح ذوبانية العناصر الثقيلة وتأثرها بقيمة pH للتربة.



شكل (2-2): العلاقة بين الذوبان النسبى للعناصر الثقيلة (استخلاص بخلات الأمونيوم) ومحتوى الأراضى من المادة العضوية

العلاقة بين محتوى العناصر الثقيلة والمادة العضوية فى التربة:

تم دراسة العلاقة بين الذوبان النسبى (نسبة العنصر الذائبة إلى الكمية الكلية من العنصر) لكل من المنجنيز والرصاص والكوبلت والزنك والنيكل والنحاس ومدى التغير مع محتوى المادة العضوية فى التربة شكل (2-2) فكما يتضح من الشكل أن المادة العضوية تؤثر تأثيراً عالياً على ذوبانية المنجنيز، بينما نجد عكس ذلك فى تأثيرها المنخفض جداً على ذوبانية النحاس، وينحصر بينهما كل من الرصاص والكوبلت والزنك والنيكل حيث يأخذ التأثير الترتيب التنازلى التالى: $Cu < Ni < Zn < Co < Pb < Mn$

تلوث النبات:

النبات يعتبر المستودع الوسيط الذى تتجمع فيه العناصر المختلفة أساساً من التربة، وجزئياً من الماء والهواء حيث تصل إلى الإنسان والحيوان خلال سلسلة الغذاء. وأى تغير يطرأ بالزيادة أو بالخلل فى هذا المحتوى عن الحد المسموح به يعتبر تلوثاً للنبات.

ويتوقف مصير العناصر المضافة فى المحلول الأرضى أو على أسطح النبات أو فى الغلاف الجوى على العمليات الآتية:

1- الامتصاص والانتقال بواسطة النبات.

2- العمليات الأنزيمية داخل النبات.

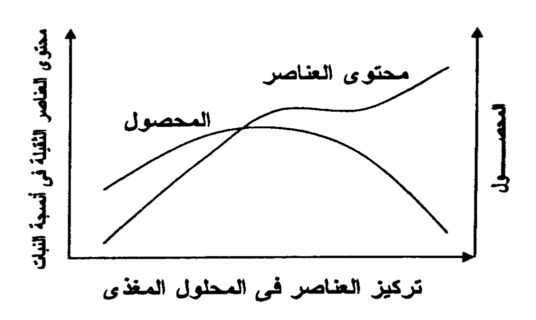
3- التنافس الأيونى والأثر المتبادل.

4- طبيعة العنصر المضاف وصورته وتركيزه.

5- حدود النقص والسمية.

وكما يتضح من الشكل (1−2) التأثير العام لتركيز العناصر الصغـــرى فى المحلول المغذى على كمية المحلول ومحتوى العناصر فيه.

توجد علاقة طردية بين محتوى العناصر الصغرى فى المحلول المغذى ومحتواها فى النبات النامى. هذه العلاقة خطية تقريباً قبل أن يؤثـــر محتـــوى العناصر الصغرى فى المحلول المغذى على المحصول النامى ثم تأخذ الشـــكل عند بداية نقص المحلول.



شكل (3−2): التأثير العام لتركيز العناصر الصغرى فى المحلول المغذى على كمية المحصول ومحتوى العناصر

الفصل الثالث

التلوث
بالعناصر الثقيلة



الفصل الثالث

التلوث بالعناصر الثقيلة

Pollution by heavy metals

الأرض تعتبر مكوناً هاماً ذوا نوعية خاصة فى المحيط الجوى وذلك لكونها المستقبل والمرسل الجيوكيميائى للملوثات بالإضافة لقدرتها التنظيمية فى انتقال العناصر والمواد الكيميائية للغلاف الجوى والبيئة النباتية والمائية. ومن ناحية ثانية ترجع أهمية الأرض إلى أنها مصدر الإنتاجية أساس بقاء الإنسانية، وبالتالى تتضح مدى أهمية المحافظة على الأرض. والعناصر الثقيلة بصفتها الملوث الرئيسى تصل إلى سطح التربة، ثم يتوقف مصيرها على عديد من العوامل السابق ذكرها. وفيما يلى بعض التفاصيل عن تلوث التربة بالعناصر الثقيلة.

العناصر الثقيلة: Heavy metals

فى السنوات الأخيرة يتداول بكثرة بين المتخصصين الزراعيين مصطلح العناصر الثقيلة، حيث يعنى مباشرة التأثير السلبى، حيث إنه يؤثر على الحيوان والإنسان والنبات. والعناصر الثقيلة هى مجموعة العناصر الكيميائية التى تزيد كثافتها على خمسة أضعاف كثافة الماء. وفى الطبيعة أو فى الصخور التى تعتبر مادة الأصل للأراضى يكون محتوى العناصر الثقيلة قليلاً جداً، وعلى سبيل المثال فإن محتوى مادة الأصل من الكادميوم يصل إلى 5×10^{-5} جم/100 جم أو 0.5 ملليجرام/كجم ومتوسط محتوى العناصر الثقيلة فى الصخر الأم للأرض فى الطبقة السطحية يتراوح من س × 10^{-4}% إلى س×10^{-6}%.

محتوى العناصر الثقيلة فى الصخور:

محتوى العناصر الثقيلة فى الصخور النارية والصخور الرسوبية موضح فى الجدول (1-3)، (2-3) على التوالى. يتضح من الجدولين السابقين أن التركيب الكيميائى للأرض مختلف، بالإضافة إلى أنه يتحكم فيه عوامل مختلفة تسيطر عليها دائماً الظروف المناخية، ومادة الأصل.

وكما يتضح من الجدول (1-3) أن هناك اختلافاً فى توزيع العناصر الثقيلة فى الصخور النارية، فبعض هذه العناصر يتواجد بنسبة كبيرة فى الصخور mafic، ultramafic وتشمل (Cd، Co، Cr، Cu، Mn، Ni)، بينما على الإتجاه الآخر فى الصخور الحامضية والصخور Intermediate يرتفع محتوى العناصر الآتية (Ba، Mo، Pb، Sn، U، W، Zn).

وحالة العناصر الثقيلة فى الصخور الرسوبية تتحكم فيها العمليات الجيولوجية والجيوكيميائية والتى تشمل التعرية والانتقال والامتصاص والترسيب. والاتجاه الواضح أن معظم العناصر تتراكم فى الصخور الرسوبية الطينية جدول (2-3). بينما العناصر التالية (Mn، Sr، U) تتركز فى الصخور الجيرية. والصخور الرملية والجيرية عادة تحتوى على كمية منخفضة من العناصر الثقيلة مقارنة بالصخور الغنية بالحبيبات الدقيقة. وهذا الاتجاه واضح جداً للمشتغلين فى علوم الأراضى.

جدول (1-3): محتوى العناصر الثقيلة فى الصخور النارية (ملليجرام/كجم).[72]

Ultramafic	Mafic	Intermediate	Acid	Acid (volcanic)	العنصر
0.06-0.05	0.1	0.07-0.05	0.04	0.05	Ag
1-0.5	2-0.6	2.5-1	2.6-1	2.5-1.5	As
0.005	0.003-0.0005	0.0032	0.0018-0.0012	0.0015	Au
25-0.5	400-250	1000-600	850-400	1200-600	Ba
0.2	1-0.3	1.8-1	5-2	6.5-5	Be
0.02-0.001	0.15-0.01	0.1-0.01	0.12-0.01	0.12-0.01	Bi
0.05-0.03	0.22-0.13	0.13	0.2-0.09	0.2-0.05	Cd
200-100	50-35	10-1	7-1	15	Co
3400-1600	200-170	50-15	25-4	16-4	Cr
40-10	120-60	80-15	30-15	20-5	Cu
0.0X	0.0X	0.0X	0.08	0.0X	Hg
15-0.5	20-6	28-20	40-25	45-15	Li
1500-850	2000-1200	1200-500	600-350	1200-600	Mn
0.3-0.2	1.5-1	1-0.6	2-1	2	Mo
2000-1400	160-130	55-5	15-5	20	Ni
1-0.1	8-3	15-12	25-15	20-10	Pb
0.1	0.2-0.1	0.X	0.2	0.2	Sb
0.05-0.02	0.05-0.01	0.05-0.02	0.05-0.01	0.05-0.02	Se
0.5-0.35	1.5-0.9	1.5-1.3	3.6-1.5	2-3	Sn
0.2-0.05	0.4-0.1	1.4-0.5	2.3-0.6	1.8-0.5	Ti
0.01-0.003	1-0.3	3-1.4	6-2.5	5	U
100-40	250-200	100-30	90-40	70	V
0.77-0.1	1.1-0.36	1.9-1	2.4-1.3	2	W
60-40	120-80	100-40	60-40	100-40	Zn

جدول (2-3): محتوى العناصر الثقيلة فى الصخور الرسوبية (ملليجرام/كجم).[72]

العنصر	الحجر الجيرى	الحجر الرملى	الصفائح	الصخور الرسوبية الطينية
Ag	0.15-0.1	0.25-0.05	0.01-0.07	0.07
As	2.4-1	1.2-1	13-5	13
Au	0.006-0.002	0.007-0.003	0.004-0.0025	0.004-0.003
Ba	200-50	320-100	800-500	800-500
Be	2-0.2	1-0.2	5-2	6-2
Bi	0.2-0.1	0.2-0.1	0.5-0.05	0.4-0.05
Cd	0.035	0.05	0.3-0.22	0.3
Co	3-0.1	10-0.3	20-11	20-14
Cr	16-5	40-20	100-60	120-80
Cu	10-2	30-5	40	60-40
Hg	0.05-0.04	0.1-0.04	0.4-0.18	0.4-0.2
Li	20-5	40-10	75-50	60
Mn	1000-200	500-100	850-500	800-400
Mo	0.4-0.14	0.8-0.2	2.6-0.7	2.6-2
Ni	20-7	20-5	70-50	90-40
Pb	10-3	10-5	25-18	40-20
Sb	0.03	0.05	1.5-0.8	2-1.2
Se	0.1-0.03	0.08-0.05	0.6	0.6-0.4
Sn	0.5	0.5	6	10-6
Ti	0.14-0.01	0.4-1	2-0.5	1.5-0.5
U	2.5-2.2	0.59-0.45	4.1-3	4-3
V	45-10	60-10	130-100	130-80
W	0.6-0.4	2-1	2-1.8	2-1.8
Zn	25-10	30-15	120-80	120-80

محتوى العناصر الثقيلة فى الأراضى:

كما يتضح فى جدول (3-3) أن محتوى العناصر الثقيلة يزداد مع زيادة المحتوى من الحبيبات الدقيقة فى التربة (حبيبـــات الطيـــن Clay fraction) وتبعـــاً لذلك هناك ارتباط موجب مع محتوى الطين فى التربة والسعة التبادليـــة الكاتيونية للأرض (CEC) وهذه العلاقة غير خطية وتتوقف على نوع معـــدن الطين وكمية المادة العضوية، بالإضافة إلى محتوى الطين فإن كمية ونوعيـــة المادة العضوية Soil organic matter وأكاسيد الحديد والألمونيوم وكربونـات الكالسيوم و pH التربة وكلها عوامل تؤثر فى محتوى العنـــاصر الثقيلـــة فـــى التربة. وطبقاً لظروف تكوين الأرض يختلف محتواها من العناصر الثقيلة.

جدول (3-3): المحتوى الكلى من العناصر الثقيلة فى الطبقات السطحية للأراضى فى العالم (ملليجرام/كجم).[72]

العنصر	Histosols		Chernozems Kastanozems		Rendzinas		Cambisoils		Podzols	
	المتوسط	المدى	المتوسط	المدى	المتوسط	المدى	المتوسط	المدى	المتوسط	المدى
As	9.3	66.5-<0.1	8.5	23-1.9	-	-	8.4	27-1.3	4.4	30-<0.1
Ba	175	700-10	520	1,000-100	520	1,500-150	520	1,500-19	330	1,500-20
Cd	0.78	2.2-0.19	0.44	0.71-0.18	0.62	0.84-0.38	0.45	1.61-0.08	0.37	2.7-0.01
Co	4.5	49-0.2	7.5	50-0.5	12	70-1	10	58-3	5.5	65-0.1
Cr	12	100-1	77	195-11	83	500-5	51	1,100-4	47	530-1.4
Cu	16	113-1	24	140-6.5	23	70-6.8	23	100-4	13	70-1
Hg	0.26	1.11-0.04	0.1	0.53-0.02	0.05	0.5-0.01	0.1	1.1-0.01	0.05	0.7-0.008
Li	1.3	32-0.01	53	175-9	56	105-6	46	130-1.4	22	72-<5
Mn	465	2,200-7	480	3,907-100	445	7,750-50	525	9,200-45	270	2,000-7
Mo	1.5	3.2-0.3	2	6.9-0.4	1.5	7.4-0.3	2.8	7.2-0.1	1.3	3.7-0.17
Ni	12	119-0.2	25	61-6	34	450-2	26	110-3	13	110-1
Pb	44	176-1.5	23	70-8	26	50-10	28	70-1.5	22	70-2.3
Sr	100	300-5	145	500-70	195	1,000-15	210	1,000-15	87	1,000-5
Ti	2,300	6,700-80	3500	7,000-700	4,800	10,000-400	3,300	24,00-500	2,6000	17,000-200
V	18	150-6.3	78	150-25	115	500-10	76	330-15	67	260-10
Zn	50	250-5	65	770-20	100	570-10	60	362-9	45	220-3.5

تركيز العناصر الثقيلة فى المحلول الأرضى:

تركيز العناصر الثقيلة فى المحلول الأرضى دليل جيد على الجزء المتحرك من العنصر فى الأرض. والقاعدة المشتركة التى تتضح من جدول (3-4) أن العناصر الصغرى المتحركة (Zn، Ni، Cd) أظهرت تركيزاً عالياً فى المحلول الأرضى مقارنة بالعناصر صعبة الحركة (Pb، Cr، Co)، وتقييم حركة العناصر الأخرى وصلاحيتها مرتبط بكل من تركيز العنصر فى الطور الصلب والسائل بالإضافة إلى معدل التخفيف.

جدول (4-3): محتوى العناصر الثقيلة فى المحلول الأرضى الطبيعى من أراضى مختلفة (ميكروجرام/لتر).[71]

العنصر	التركيز فى المحلول الأرضى
Cd	5-3
Co	5-0.3
Cr	0.7-0.4
Cu	140-25
Mn	270-30
Mo	30-2
Ni	150-15
Pb	8-2
Zn	350-20

الزنـــــك: Zinc

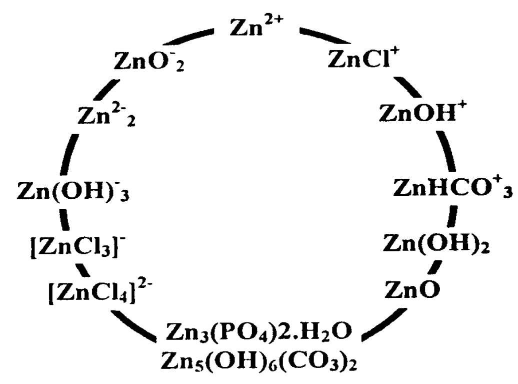
الزنك فى الأرض: Zinc in soil

يوجد الزنك فى القشرة الأرضية بنسبة 0.2% من وزنها، والأرض المتكونة من أصل صخر جيرى Limestone ذات محتوى أقل من الأرض الناتجة عن صخر بلورى أو كوارتز. ومعظم الزنك الموجود بالأرض يوجد فى المعادن الأولية، ويرجع انتشار الزنك فى المعادن الأرضية بسبب إحلاله محل أيون الماغنسيوم أو محل أيون الحديدوز.

وتراكم الزنك فى الأرض له تأثير سلبى على كثير من العمليات الأرضية، حيث يسبب تغيراً فى الخواص الطبيعية والطبيعة الكيميائية للأرض

ويقلل من النشاط البيولوجى. فمحتوى الزنك فى الطبقة السطحية للأرض يتراوح من 17-125 ملليجرام/كجم. ومتوسط تركيز الزنك فى معظم الأراضى 46 ملليجرام/كجم. أما أعلى تركيز للزنك فقد وجد فى الأراضى الرسوبية بينما أقل تركيز قد لوحظ فى الأراضى الخفيفة والأراضى المنخفضة فى تركيز المادة العضوية.

وينتقل الزنك خلال القطاع الأرضى ويزداد ذلك وضوحاً فى الأراضى الرملية. ويعتقد أنه يتحرك فى صورة Zn^{2+} والشكل رقم (1-3) يوضح الصور الأيونية الأخرى للزنك فى الأراضى. وأهم العوامل التى تتحكم فى تحرك الزنك فى التربة محتوى الطين والمادة العضوية. ووجد أن أهم العوامل التى تؤثر على ذوبان الزنك فى الأراضى رقم pH، أكاسيد الحديد، معادن الطين، ويأتى فى المرتبة الثانية تأثير المواد العضوية والترسيب على هيئة مركبات الأكاسيد والكربونات والسليكات.

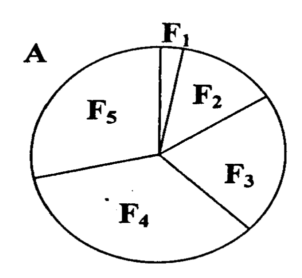


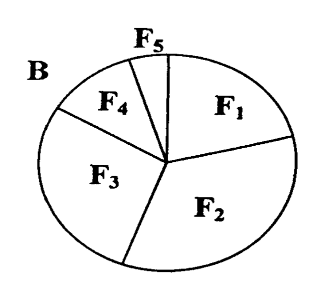
شكل (1-3): الصور الأيونية ومركبات الزنك فى الأراضى

ومحتوى الزنك فى الأراضى الملوثة فى الطبقات السطحية يتراوح من المدى الطبيعى حتى يصل إلى 180 جم/كجم تربة. وفى مصر الأراضى الملوثة وجد المحتوى فيها 995 ملليجرام/كجم (أبو النجا وآخرون عام

1999م) ووجد أن الري بمياه الصرف الصحى أدى إلى زيادة تركيز الزنك فى التربة إلى 750ملليجرام/كجم حيث تضاعفت إلى عشـــرين ضعــف مقارنـــة بالأراضى التى لم يتم ريها بمياه الصرف الصحى، وأهم مشاكل التلوث بـــالزنك تغير صور الزنك الأيونية. على سبيل المثال فى الأراضى (الطميية الرمليـــة – pH 6.1، المادة العضوية 1.25%) والمعاملة بمخلفات الصرف الصحى الغنية المحتوى من الزنك، زادت كمية الزنك الميسر من 3% إلـــى 21% والزنـــك ضعيف الارتباط والمتبادل من 21 إلى 34% من المحتوى الكلى للزنك شــكل (2-3). ويتضح فى الشكل (2-3) كذلك أن إضافة مخلفات الصرف الصحـــى الصلبة أدى إلى نقص محتوى الزنك فى الصورة العضوية من 34% إلى 12%

وقد وجد أن محتوى الزنك فى الهواء الجوى فى ألمانيا يـــتراوح مـــن 0.55 – 16 ميكروجرام/م^3.





شكل (2-3): التغير فى صور الزنك فى الأرض A-- بدون مخلفات الصرف الصحى (الحمأة)، B مع إضافة مخلفات الصرف الصحى (الحمأة)
F_1 سهل الذوبان، F_2 المتبادل، F_3 المصاحب للأكاسيد المائية
F_4 المرتبط مع المادة العضوية، F_5 المتبقى [46]

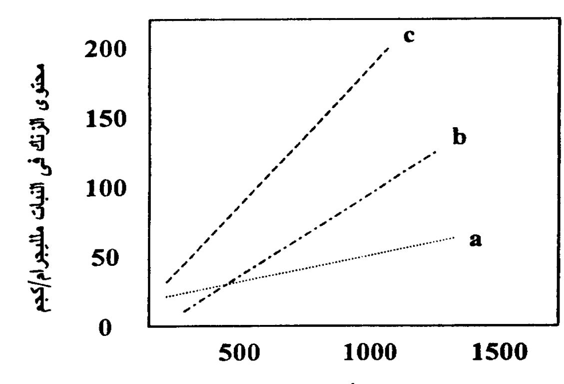
وحسبت فترة نصف العمر للزنك (الفترة الزمنية اللازمـــة لفقــد 50% مـــن كمية الزنك الكلية فى التربة) وجد أنها تتراوح من 70 – 81 عام.

ويمكن التحكم فى إصلاح الأراضى الملوثة بالزنك بإضافة الجير أو المادة العضوية أو كلاهما معاً.

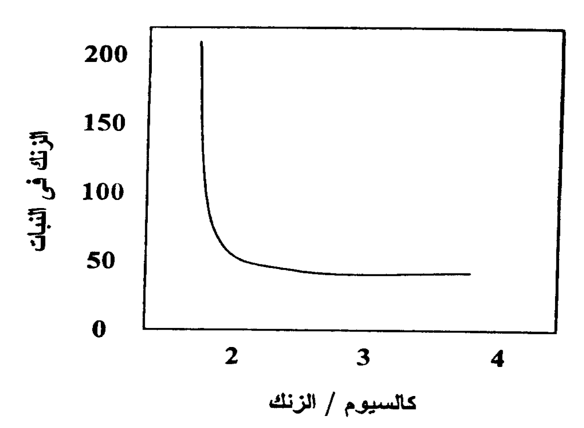
الزنك فى النبات: Zinc in plant

الزنك الذائب صالح للامتصاص بواسطة النباتات، وتوجد علاقة خطية بين محتوى الزنك فى التربة والنبات شكل (3-3)، وتتوقف هذه العلاقة على كل من نوع النبات والكاتيونات فى المحلول الأرضى.

وتركيب المحلول المغذى هام جداً فى امتصاص النبات للزنك خاصة عند وجود الكالسيوم، حيث يتضح من الشكل (3-4) العلاقة بين نسبة الكالسيوم/الزنك ومحتوى الزنك فى النبات حيث انخفض محتوى الزنك فى النبات مع ارتفاع تركيز الكالسيوم إلى الزنك فى المحلول الأرضى.



شكل (3-3): الزنك الممتص بواسطة النبات من الأراضى الملوثة بالزنك (a) حبوب القمح، (b) قش القمح، (c) سيقان البطاطس



شكل (4-3): تأثير العلاقة بين محتوى الزنك والكالسيوم فى التربة ومحتوى الزنك فى سيقان الحبوب

أهم العوامل التى تتحكم فى محتوى الزنك فى النبات وهى كما يلى:

1- محتوى الأرض من الزنك.
2- رقم pH التربة.
3- نسبة $CaCO_3$ فى الأرض.
4- غياب النشاط الميكروبى.
5- نوع النبات ومحدودية امتصاص الزنك بواسطة جذور النبات.
6- ظاهرة التضاد.
7- التداخل مع العناصر الأخرى.

لا يوجد اختلاف كبير فى محتوى الزنك فى نباتات المائدة وفى الحبوب بين الأقطار المختلفة، وقد وجد أن المحتوى فى أوراق الخس يتراوح من 44 – 73 ملليجرام/كجم مادة جافة، وفى التفاح 1.2 ملليجرام/كجم مادة جافة، ومتوسط تركيز الزنك فى حبوب القمح تتراوح من 22 إلى 33 ملليجرام/كجم مادة جافة، وفى الأعشاب والبرسيم وجد أن محتوى الزنك كذلك ثابت وكان

المدى له من 12 إلى 47 ملليجرام/كجم مادة جافة فى البرسيم، بينما فى الأعشاب كان المدى من 24 إلى 45 ملليجرام/كجم مادة جافة.

والتلوث البيئى له تأثير واضح على تركيز الزنك فى النباتات، وكان أشد المؤثرات على محتوى الزنك فى النبات هو التلوث من الهواء الجوى. فقد وجد أن محتوى الزنك فى أوراق الخس كانت تتراوح من 55 – 530 ملليجرام/كجم مادة جافة فى الأراضى الملوثة. وجذور الجزر النامى فى الأراضى المجاورة لمصانع المعادن كان محتواها من الزنك يتراوح من 201 – 458 ملليجرام/كجم مادة جافة بينما المحتوى تحت الظروف الطبيعية كان 21 – 27 ملليجرام/كجم مادة جافة.

النحاس Copper

النحاس فى الأرض: Copper in soil

يتراوح تركيز النحاس فى الأراضى فى الطبقة السطحية من 13-24 ملليجرام/كجم، وهذا يرجع إلى مادة الأصل وعمليات التكوين. ويتم ترسيبه بسهولة مع الأيونات المختلفة (السلفات، الكربونات، الهيدروكسيد) وبالرغم من ان التغير فى القطاع الأرضى بسيط إلا أن النحاس غير متحرك فى الأرض، هذا بالإضافة إلى أن الذائب فوق ذلك متحرك وصالح، وصور النحاس فى التربة هامة من الناحية الزراعية، كما أن محتوى النحاس فى التربة يعطى دلالة جيوكيميائية. ويتراوح محتوى النحاس فى الأراضى المصرية النهرية فى الطبقة السطحية من 50-146 ملليجرام/كجم بينما فى الأراضى الرملية من 11-13 ملليجرام/كجم، ويزداد تركيز النحاس فى الأراضى الملوثة حتى يصل إلى 2 جم/كجم. ووجد فى ألمانيا الغربية كمية النحاس التى تضاف للتربة عن

طريق الغلاف الجوى 244جم/هكتار/عام، وفى الاتحاد السوفيتى وجدت هـــذه الكمية 136 جم/هكتار/عام يستنفذ منها 15 جم/هكتار/عـــام وتظـــل الإضافـــة السنوية فى التربة 121 جم/هكتار/عام.

ومع زيادة نسبة المادة العضوية والطين فى الأراضى تقل كمية النحاس الصالحة، وتلوث التربة بالنحاس يؤثـــر علـــى تدهـــور الخـــواص الطبيعيـــة والكيماوية، كما أن وجود النحاس فى التربة يزيد من حمض الفولفيك والتحلـــل الحامضى وينقص من الكاتيونات المتبادلة.

أهم العوامل التى تؤثر على صلاحية النحاس فى الأرض:

1- محتوى النحاس الكلى. 2- رقم pH التربة.

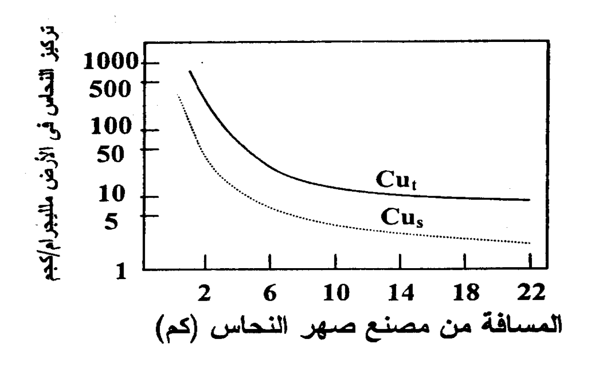
3- قوام الأرض ونسبة الطين ونوع معدن الطين.

4- محتوى المادة العضوية. 5- نسبة $CaCO_3$.

6- تأثير التداخل الأيونى.

وأهم مصادر تلوث الأراضى بالنحاس هى الأسمدة، المبيدات والمخلفات العضوية والزراعية والنحاس الناتج من الصناعة. ومن أهم المصـــادر كذلـــك مسابك النحاس وخاصة التى توجد فى إتجاه الريـــح والشـــكل (5-3) يوضـــح زيـــادة التلوث فى التربة مع الاقتراب من المصنع.

وإصلاح الأراضى الملوثة بالنحاس يكون أساساً بإضافة كل من الجير، المادة العضوية والفوسفات.



شكل (5-3): العلاقة بين المسافة من مصنع صهر النحاس وتركيز النحاس بالتربة (t) المحتوى الكلى (s) المحتوى الذائب [73]

النحاس فى النبـــــات: Copper in plant

إن كمية النحاس المحمولة من الأرض مع المحاصيل الزراعية المختلفة تقدر بعشرات الجرامات من الهكتار الواحد. وهناك مدى واسع فـــى محتـــوى النحاس فى النباتات يعود إلى العلاقة بين امتصاص النبـــات للنحـــاس ومـــادة الأصل أو الصورة المتواجد عليها النحاس. ومحتوى النحاس فى أنسجة النبـــات مرتبط بتركيز النحاس فى المحلول الأرضى أو التربة، وهذه العلاقة تختلف مع نوع النبات وأجزاء النباتات المختلفة ومرحلة النمو.

والنحاس فى معظم سيقان النباتات لا يزيد عن 20 ملليجرام/كجم مـــادة جافة، وقد لوحظ فى الأراضى الملوثة زيادة محتوى النحاس بنســـبة مرتفعـــة وخاصة فى أنسجة الجذور، ففى الأراضى المسمدة بمخلفات الصرف الصحـــى وجد محتوى النحاس فى حبوب الأرز 4 ملليجرام/كجم بينما فى الجـــذور 560 ملليجرام/كجم. ووجد فى بولندا أن القمح النامى فى الأراضى الطبيعية يكـــون

محتوى النحاس فى الحبوب يتراوح من 2.6 – 5.6 ملليجرام/كجم مادة جافة بينما فى الأراضى الملوثة نتيجة لعمليات الصناعة فقد ارتفع المحتوى إلى 21 ملليجرام/كجم مادة جافة.

وتأثير سمية النحاس على النبات يتوقف على خاصية الأدمصاص، pH الأرض وعندما يزداد تركيز النحاس فى النبات عن 20 ملليجرام/كجم فإنه يعمل على خفض التنفس وتخليق الكلورفيل ونشاط التخمر.

الكادميوم Cadmium

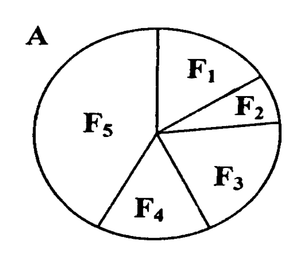
الكادميوم فى الأرض: Cadmium in soil

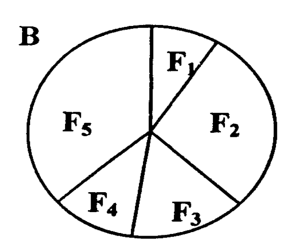
وجود الكادميوم فى الصخور البركانية والرسوبية لا يزيد عن 0.3 ملليجرام/كجم، ويتركز فى الترسيبات الصفائحية والطينية. ومحتوى الكادميوم فى الأراضى الطبيعية يتراوح من 0.06 – 1.1 ملليجرام/كجم.

وقد وجد أن الرى بمياه الصرف الصحى لمدينة القاهرة فى منطقة الجبل الأصفر أدى إلى رفع محتوى الكادميوم إلى 5 ملليجرام/كجم فى حين أن أراضى بلغاريا كان محتوى الكادميوم 1781 ملليجرام/كجم نتيجة التلوث من صناعة المعادن حيث كان محتوى الأراضى قبل التلوث 3.2 ملليجرام/كجم.

وقد وجد عبد الشكور (1982) أن أراضى شبرا الخيمة فى مصر محتوى الكادميوم فيها 1.2 ملليجرام/كجم ارتفع إلى 25 ملليجرام/كجم بجوار مصانع التعدين ويتراوح معدل الترسيب للكادميوم بالمناطق المجاورة للمصانع 170–240 ميكروجرام/م^2/يوم.

والفوسفات الطبيعية حسب مكان استخراجها تحتوى على كادميوم يتراوح بين 0.1 حتى 75 ملليجرام/كجم، ووجد أن إضافة التسميد الفوسفاتى بمعدل 70 كجم P_2O_5/هكتار/عام يزيد من محتوى التربة من الكادميوم بمعدل يتراوح من 2 – 3 جم/هكتار/عام. والكادميوم يتركز فى الطبقة السطحية للتربة والقيم العالية منه تعكس النشاط الإنسانى فى استخدام هذه الأرض، وذوبان الكادميوم فى التربة يعتمد على رقم pH والمادة العضوية وأكاسيد الحديد والمنجنيز والشكل رقم (6-3) يوضح صور الكادميوم فى الأراضى المسمدة بالمخلفات العضوية الصلبة والأراضى غير المسمدة مع إضافة مخلفات الصرف الصحى، ليتضح الثبات النسبى لمحتوى الكادميوم فى التربة المرتبط فى الصورة العضوية والجزء المتبقى، بينما الجزء المتبادل ارتفع مع إضافة المخلفات من 18% إلى 28% من المحتوى الكلى للكادميوم فى التربة. ويعتقد أن النشاط البيولوجى يلعب دوراً معنوياً فى سلوك الكادميوم فى الأراضى.





شكل (6-3): التغير فى صور الكادميوم مع إضافة مخلفات الصرف الصحى (الحمأة) (B)، وبدون إضافة (A)

F_1 سهل الذوبان، F_2 المتبادل، F_3 المصاحب للأكاسيد المائية

F_4 المرتبط مع المادة العضوية، F_5 المتبقى (45)

وأهم مصادر التلوث بالكادميوم الأسمدة الفوسفاتية ومخلفات الصرف الصحى والصناعى والمبيدات الفطرية وفضلات الحيوانات المعالجة بمبيدات الديدان المعدية والغلاف الجوى بجوار الطرق (إطارات السيارات وزيوت المحركات) ومخلفات مصانع تجهيز المعادن والكيماويات ومخلفات مصانع الإطارات والمطاط والأراضى المجاورة لمناجم صهر واستخلاص الرصاص والزنك. وقد وجد أن تركيز الكادميوم فى الهواء الجوى فى ألمانيا يتراوح من 0.5×10^{-3} إلى 0.62 ميكروجرام/م^3.

أهم العوامل التى تؤثر على صلاحية الكادميوم فى الأرض:

1- pH التربة.
2- محتوى الطين.
3- محتوى المادة العضوية.
4- التسميد البيولوجى.
5- الظروف المناخية.

الكادميوم فى النبات: Cadmium in plant

الكادميوم يعتبر فى الوقت الحاضر من العناصر الثقيلة الضارة جداً، فزيادة محتوى الكادميوم فى المنتجات الغذائية والعلف تسبب أضراراً خطيرة لصحة كل من الإنسان والحيوان.

ويوجد تداخل بين كل من الكادميوم والزنك فى معظم الأحيان يختزل الزنك الكادميوم الممتص بواسطة الجذور أو رش النباتات. عندما تصل نسبة Cd/Zn فى النبات إلى أقل من 1% يقل محتوى الكادميوم إلى أقل من 5 ملليجرام/كجم وهذا أقل من الحد السام جدول (5-3).

وبالنسبة لتغذية الإنسان والحيوان فيعتبر الكادميوم له تأثير تراكمى سام وأكثر النباتات استجابة للكادميوم فى الأراضى غير الملوثة هى أوراق السبانخ

حيث يكون محتواها (0.11 ملليجرام/كجم وزن طازج) وأوراق الخس (0.66 ملليجرام/كجم مادة جافة).

وتتباين المحاصيل المختلفة فى مدى قدرتها على امتصاص وتراكم الكادميوم بداخلها كنموذج للعناصر الثقيلة. ولذلك وكما أشرنا سابقاً يجب مراعاة نوع المحصول المنزرع وقدرته الامتصاصية للعناصر الموجودة بالتربة أو مياه الرى وكما يتضح من القدرة النسبية على تراكم عنصر الكادميوم فى المحاصيل المختلفة حيث يكون الترتيب تنازلياً كالتالى:

المحصول	القدرة النسبية على تراكم الكادميوم	المحصول	القدرة النسبية على تراكم الكادميوم
الدخان	310	البنجر	13
الخس	100	القمح	10
السبانخ	58	الطماطم	9
الكرنب	40	الخوخ	7
الشعير	13	الذرة	3

فيتركز الكادميوم فى الأراضى الملوثة فى جذور وأوراق النباتات بينما يقل فى البذور. وقد وجد أن محتوى التربة من الكادميوم عندما كان 63 ملليجرام/كجم تربة كان محتوى أوراق الفاصوليا النامية فى هذه الأرض 4.5 ملليجرام/كجم بينما محتوى الحبوب 2.9 ملليجرام/كجم، وعندما زاد محتوى التربة إلى 300 ملليجرام تضاعف محتوى الأوراق ثلاثة أضعاف فكان (13.1 ملليجرام/كجم مادة جافة) بينما تأثر محتوى البذور بشكل كبير وأنخفض إلى (2.9 ملليجرام/كجم)، ففى نبات القمح والأرز وجد تركيز الكادميوم فى البذور 12.4، 5.2 ملليجرام/كجم على التوالى وهى أقل من محتوى الجذور والأوراق فى نفس النباتات.

أهم العوامل التى تقلل من امتصاص الكادميوم من الأرض:

1- الخواص المائية الجيدة. 2- الصرف الجيد للأرض.

3- القوام الخفيف.

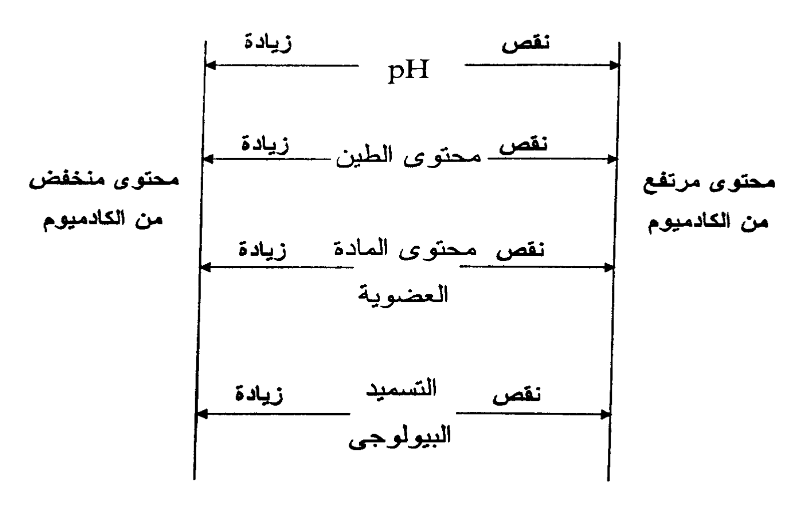
4- قلة الكاتيونات المتبادلة.

هنا بالإضافة إلى كل من الأرض والمناخ ونوع النبات. وكما يتضح من الشكل (3-7) أن مع نقص رقم pH فى التربة يزداد محتوى الكادميوم فى النبات، وكذلك نقص كل من محتوى الطين والمادة العضوية يؤدى إلى ارتفاع محتوى الكادميوم فى النبات، بالإضافة إلى أن زيادة النشاط البيولوجى فى التربة يؤدى إلى نفس التأثير.

وقد أوضح العديد من الباحثين أن تأثير الكادميوم على الفاصوليا يزيد بمقدار 10 – 15 ضعف بالمقارنة بالتأثير على الذرة. حيث انخفض المحصول عندما كان التركيز فى التربة 0.2 ملليجرام/كجم فى حالة الفاصوليا، بينما لم يتأثر محصول الذرة إلا عندما كان المحتوى فى التربة 3 ملليجرام/كجم. وتزداد كمية الكادميوم فى المواد الغذائية كالتالى: الحبوب < المحاصيل الجذرية < المحاصيل الورقية، وللمحافظة على عدم تسبب سمية للإنسان من هذا العنصر يوصى بأن تكون الكمية المضافة للأرض لا تزيد عن 5 كجم/هكتار.

جدول (5-3): تركيز العناصر الثقيلة ملليجرام/كجم مادة جافـــة فـــى أنســـجة أوراق النبات الناضـج.(31, 37, 44, 59, 63, 66, 70, 76, 84)

العنصر	حدود النقص	حدود الكفاية	حدود السمية	الحدود فى المحاصيل الحقلية المقاومة
Ag	-	0.5	10-5	-
As	-	1.7-1	20-5	-
B	30-5	100-10	200-50	100
Ba	-	-	500	-
Be	-	7-1	50-10	-
Cd	-	0.2-0.05	30-5	3
Co	-	1-0.02	50-15	5
Cr	-	0.5-0.1	30-5	2
Cu	5-2	30-5	100-20	50
F	-	30-5	500-50	-
Hg	-	-	3-1	-
Li	-	3	50-5	-
Mn	30-10	300-30	1000-400	300
Mo	0.3-0.1	5-0.2	50-10	-
Ni	-	5-0.1	100-10	50
Pb	-	10-5	300-30	10
Se	-	2-0.01	30-5	-
Sn	-	-	60	-
Sb	-	50-7	150	-
Ti	-	-	200-50	-
Tl	-	-	20	-
V	-	1.5-0.2	10-5	-
Zn	20-10	150-27	400-100	300
Zr	-	-	15	-



شكل (7-3): تأثير عوامل التربة على محتوى النبات من الكادميوم

الـــزئبـــق Mercury

الـــزئبـــق فى الأرض: Mercury in soil

يوجد الزئبق فى الصخور الرسوبية خاصة الغنية بالأصداف البحريـــــة بينما ينعدم وجوده فى الصخور البركانية. وللزئبق خصائص كيميائية مميزة من أهمها مايلى:

1- الميل الشديد لتكوين روابط الكبريتيد (معدن HgS).

2- تكوين مركبات زئبق عضوى والتى تكون ثابتة نسبياً فى الوسط المائى.

3- قدرته على التطاير.

والزئبق يترسب على سطح الأرض من غبار الهواء الجـــوى أو مـــع المحاليل التى تضاف للأراضى ويحتجز فى الطبقة السطحية ويتراوح تركـــيز الزئبق فى الأرض بين 10 – 500 ميكرو جرام/كجم ســـواء علـــى صـــورة مركبات عضوية أو غير عضوية، ويكون مركبات شحيحة الذوبان من أمـــلاح الفوسفات والكربونات والكبريتيد، ويعتبر الزئبق قليل الحركة، ويتوقف تراكـــم الزئبق على سطح الأرض على تفاعلات ترسيبه فى الأرض وعمليات تكويـــن معقدات عضوية معه.

ودورة الزئبق فى البيئة يحدث خلالها عملية الميثانة وهى عملية خطيرة فى البيئة، لأن مركبات ميثيل الزئبق تعتبر أكثر مركبات الزئبق تيسرا للنبـــات والحيوان. وتراكم الزئبق فى التربة متصل بمحتوى الكبريت والكربون. ويعتبر تركيز الزئبق فى الأراضى العضوية أعلى من الأراضى المعدنية، وهذا يرجـــع إلى السعة العظمى للدبال وربط الزئبق.

وكميات الزئبق المتطايرة تنتشر فى مناطق أخرى من الكرة الأرضيـــة وكمية المتساقط منها محليا لا تزيد عن 10%.

وأهم مصادر تلوث الأرض بالزئبق هى المواد الكيميائية المستعملة فـــى الزراعة – لذلك فى عديد من الأقطار يمنع استخدام الزئبـــق إلا بتصريـــح – وصناعات المعادن وبعض الكيماويات، كذلك المبيدات الفطرية المحتوية علـــى الزئبق ومخلفات الصرف الصحى والصناعى. ومحتوى الزئبق فى الأراضـــى الملوثة قد يصل إلى 15 ملليجرام/كجم تربة. وفى بعض الأراضى التى تـــروى بمياه الصرف الصحى فى ألمانيا الغربية وجد أن محتوى الزئبق فـــى الطبقـــة السطحية للأرض 24 ملليجرام/كجم، ومحتوى الزئبق فى الأراضى المصريـــة الطميية فى الطبقة السطحية يتراوح من 0.012 – 0.03 ملليجـــرام/كجـــم. ويزداد هذا المحتوى فى الأراضى عندما تضاف المواد الكيميائية لتصـــل إلـــى

0.5-0.06 ملليجرام/كجم. والحد الأقصى المسموح به من الزئبق فى التربة 5 ملليجرام/كجم تربة كما فى جدول (3-6) وجدول (3-7).

جدول (3-6): الحد الأقصى من تركيز العناصر الثقيلة المسموح به للأراضــى الزراعية ملليجرام/كجم.[(90a)]

العنصر	ألمانيا	بريطانيا	اليابان	بولندا	كندا	استراليا
As	40 (50)[b]	20[a]	15	30	25	50
Be	10 (20)	-	-	10	-	10
Cd	2 (5)	1 (3)	-	3	8	5
Co	-	-	50	50	25	50
Cr	200 (500)	50	-	100	75	100
Cu	50 (200)	50 (100)	125	100	100	100
Hg	10 (50)	2	-	5	0.3	5
Mo	-	-	-	10	2	10
Ni	100 (200)	30 (50)	100	100	100	100
Pb	500 (1000)	50 (100)	400	100	200	100
Ti	2 (20)	-	-	-	-	-
Zn	300 (600)	150 (300)	250	300	400	300

a القيمة المقترحة للحد الأقصى للأراضى المعاملة بمخلفات الصرف الصحى.

b القيم بين القوسين المحتوى الممكن تحمله والسام.

جدول(3-7) : الحدود القصوى المسموح بها من العناصر الثقيلة (ملليجرام/كجم) فى الأراضى الزراعية (عديد من العلماء).

العنصر	(90)[g]	(55)[f]	(55)	(91)	(81)[b]	(79)[b]	(77)[b]	(76)[b]	(68)[b]	(47)[b]	(58)[a]
As	14	20	-	20	25	-	20	15	30	50	2
B	-	-	-	25	-	30	25	-	-	100	-
Be	-	-	-	-	-	-	10	-	10	10	-
Br	-	-	-	-	-	-	10	-	20	-	-
Cd	1.6	1 (3)	3.5	3	8	-	3	-	5	5	-
Co	20	-	-	-	25	30	50	50	50	50	-
Cr	120	50	600	100	75	-	100	-	100	100	0.05[c]
Cu	100	50 (100)	140[d]	100	100	60	100	125	100	100	23[d]
F	-	-	-	200	-	-	200	-	-	500	-
Hg	0.5	2	1	2	0.3	-	2	-	5	5	2.1
Mn	-	-	-	-	1500	3000	-	-	-	-	1500
Mo	4	-	4	-	2	4	5	-	10	10	-
Ni	32	30 (50)	35[d]	50	100	-	100	100	100	100	35
Pb	60	50 (100)	500	100	200	-	100	400	100	100	20[d]
Sb	-	-	-	-	-	-	5	-	10	-	-
Se	1.56	-	3	10	5	-	10	-	10	10	-
Sn	-	-	-	-	-	-	50	-	50	-	-
Tl	-	-	-	1	-	-	1	-	-	-	-
V	-	-	-	-	60	-	50	-	150	-	150
Zn	220	150 (300)	280[d]	300	400	70	300	250	300	300	110

a) الحدود المقبولة لإنتاج غذاء صحى، b) الحدود المسببة للسمية، c) هذه القيمة لصورة Cr^{6+}، d) هذه القيم للصور الذائبة للعنصر، e) الحدود المسموح بها فى حقول الملاعب وحدائق المنازل.

f) أقصى حدود مسموح بها فى الأراضى المضاف لها مخلفات الصرف الصحى الصلبة، g) الحدود المسموح بها طبقاً لوزارة الزراعة فى كندا.

وبالرغم من انخفاض محتوى الأرض من الزئبق إلا أنه يؤثر على المجموعة النشطة من الأحماض الأمينية والعمليات البيولوجية وبالتالى يعمل على خفض تحلل المادة العضوية.

أهم العوامل التى تؤثر على صلاحية الزئبق فى الأرض:

1- محتوى الطين فى التربة.
2- رقم pH.
3- نسبة المادة العضوية.
4- حالة الصرف والتهوية فى التربة.
5- النشاط البيولوجى.
6- نسبة $CaCO_3$.
7- تركيز الأيونات الأخرى.

علاج الأراضى الملوثة بالزئبق:

ولعلاج الأراضى الملوثة بالزئبق ينصح بإضافة المركبات المحتوية على الكبريت وصخر الفوسفات حتى تساعد على تثبيت الزئبق فى صورة مركبات غير ذائبة.

الزئبق فى النبات: Mercury in plant

محتوى الخضروات والفاكهة من الزئبق يتراوح من 2.6 – 86 ميكروجرام/كجم مادة جافة، 0.6 – 70 ميكروجرام/كجم مادة طازجة، ومتوسط محتوى البرسيم من الزئبق 39 ميكروجرام/كجم مادة جافة. ووجد أن محتوى الزنك يتراوح من 10 – 160 ميكروجرام/كجم مادة جافة بمتوسط 50 ميكروجرام، بينما فى دراسات أخرى وجد أن الحد الأقصى المسموح به من الزئبق فى محاصيل العلف والبقولية لا يزيد عن 100 ميكروجرام/كجم مادة

جافة. وفى مصر وجد أن محتوى الزئبق فى حبوب القمح يتراوح من 11 – 28 ميكروجرام/كجم مادة جافة بمتوسط 21 ميكروجرام/كجم مادة جافة.

وقد تصل نسبة الزئبق فى الجزء المأكول من المشروم إلى 200 **ملليجرام/كجم مادة جافة فى** النبات النامى فى الأراضى **الملوثة نتيجة إضافة الكيماويات والكلوريدات** القلوية. وكذلك ارتفع تركيز الزئبق فى أوراق الخس لتصل إلى 0.3 ملليجرام/كجم مادة جافة عند إضافة مبيدات الفطريات وأملاح الزئبق للتربة أى ارتفع المحتوى إلى 300 ضعف عن المحتوى فى أوراق نبات الخس النامى فى الأراضى غير الملوثة.

ومما يؤدى إلى خفض كمية الزئبق الممتصة بواسطة جذور النباتات ما يلى:

1- إضافة الجير لمعادلة رقم pH نحو التعادل.

2- إضافة كل من الكبريت وصخر الفوسفات فهذا له دور فى خفض صلاحية الزئبق فى التربة، بالإضافة إلى أن النباتات تمتص الزئبق فى الأراضى الجيرية بكمية أكبر من الأراضى الحامضية.

الرصاص Lead

الرصاص فى الأرض: Lead in soil

الرصاص يوجد فى الصخور البركانية والصخور الرسوبية الطينية بمقدار يتراوح من 20 – 40 ملليجرام/كجم، بينما فى الصخور الجيرية يتراوح من 0.1 – 10 ملليجرام/كجم. ومحتوى الأرض من الرصاص فى الأفق السطحى يتراوح من 3 – 189 ملليجرام/كجم وفى معظم الأراضى يتراوح من 10 – 67 ملليجرام/كجم بمتوسط 32 ملليجرام/كجم.

وذكر Davies [46] أن الحد الأقصى للأراضى العادية من الرصاص هو 70 ملليجرام/كجم ويصل تركيز الرصاص فى الأراضى الملوثة إلـــى 18 جم/كجم. والرصاص له تأثير سلبى على العمليات الحيوية فى الأراضى حيـــث يقلل من ثانى أكسيد الكربون وأعداد الأحياء الدقيقة، كما وجد أنه يثبط عمليـــة النترتة فى الأرض ويتراكم النيتريت بدلاً من النترات مما يعـــرض النباتـــات للسمية بالإضافة إلى فقد النيتروجين فى صورة أكاســـيد. والرصـــاص يوجـــد مصاحباً لكل من محتوى الطين وأكاسيد المنجنـــيز وهيدروكســـيدات الحديـــد والألمونيوم والمادة العضوية، وفى بعض الأراضى قد يوجد الرصاص بتركـــيز عال فى حبيبات كربونات الكالسيوم أو مركبات الفوسفات، وذوبانية الرصـــاص تنقص بنسبة عالية بواسطة الجير، وفى الأراضى مرتفعة pH فإن الرصـــاص يرسب فى صورة هيدروكسيد وفوسفات وكربونـــات بالإضافـــة إلـــى تكويـــن مركبات عضوية معقدة ثابتة. كما أن الحموضة فى التربة تزيد مـــن ذوبانيـــة الرصاص، ولكن حركة الرصاص عادة أقل من التراكم فـــى طبقـــات الأرض الغنية بالمادة العضوية. لذلك تعتبر المادة العضوية مصـــدراً هامـــاً لترســـيب الرصاص فى الأراضى الملوثة.

ومحتوى الرصاص فى الأرض والسام للنبات ليس من السهل تقديـــره ولكن معظم العلماء ذكروا أنه يتراوح من 100 – 500 ملليجرام/كجم. جـــدول (3-6).

والرصاص يدخل للتربة بصور متنوعة مـــن المركبـــات والمعقـــدات المختلفة وتبعاً لذلك تختلف تفاعلاته فى التربة باختلاف ظروف التربـــة وفـــى أحدث الدراسات أظهرت أنه لفقد 10% من الكمية الكلية من الرصـــاص فـــى الأراضى العادية والملوثة نحتاج إلى 90، 200 عام على التوالى. وفى دراســـة أخرى قدرت فترة نصف العمر للرصاص (الفترة الزمنية اللازمة لفقـــد 50%

من كمية الرصاص الكلية بالأرض) تراوحت من 740 – 5900 سنة وتعتمد على نوع الأرض وخدمة المياه والمادة العضوية.

الرصاص فى النبات: Lead in plant

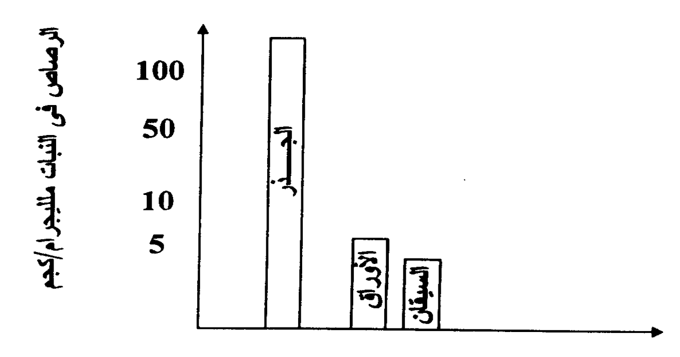
خلال العقود الأخيرة أصبح واضحاً زيادة تركيزات الرصاص كنتيجة للأنشطة الصناعية المتزايدة بواسطة الإنسان. ومتوسط محتوى الرصاص فى النباتات يتراوح من 0.5 – 3 ملليجرام/كجم وفى الفترة من 1970 – 1980 ذكرت التقارير والأبحاث أن متوسط تركيز الرصاص فى الأجزاء الصالحة للأكل فى النباتات تتراوح بين 0.001 – 0.08 ملليجرام/كجم وزن طازج، 0.05 – 3 ملليجرام/كجم وزن جاف بالإضافة إلى أن تركيز الرصاص فى الحبوب يتراوح من 0.01 – 2.28 ملليجرام/كجم مادة جافة.

أهم العوامل التى تؤثر على امتصاص النبات للرصاص:

1- pH.　　　　2- محتوى الفوسفور فى الأرض.

3- محتوى المادة العضوية.

فمن المعروف أن المحتوى المنخفض من pH والفوسفور فى التربة مع انخفاض نسبة المواد العضوية تشجع على امتصاص الرصاص بواسطة جذور النباتات، ثم تنقل إلى أعلى النباتات ولكن الانتقال إلى أعلى قليل وبطئ جداً فقد وَجد أن حوالى 3% فقط من تركيز الرصاص فى الجذر تنقل إلى الساق. وكما يتضح من شكل (8-3) أن هناك اختلاف معنوى كبير بين محتوى الرصاص فى الجذور وباقى أجزاء النبات.



شكل (8-3): توزيع الرصاص فى أجزاء نبات الذرة فى أراضى محتوى الرصاص فيها 300 ملليجرام/كجم

وقد ارتفع تركيز الرصاص فى أوراق الخس النامى فى منطقة صناعية فى كندا حتى كان المدى يتراوح من (596 – 1506 ملليجرام/كجم مادة جافة) وأوراق السبانخ النامية فى منطقة صناعية فى زامبيا كان محتواها 322 ملليجرام/كجم مادة جافة. كما لوحظ أن النباتات لديها قدرة على امتصاص الرصاص من مصدرين هما التربة والغلاف الجوى، فقد وجد أن هناك أصنافا من النباتات عديدة يمكنها التلائم مع تركيزات عالية من الرصاص فى البيئة النامية عليها، وعلى سبيل المثال وجد أن الخس له القدرة على امتصاص تركيزات عالية تصل إلى 0.15% رصاص وزن جاف فى المناطق شديدة التلوث.

النيكل Nickel

النيكل فى الأرض: Nickel in soil

يوجد تشابه بين توزيع كل من النيكل والكوبلت والحديد فى القشرة الأرضية، ويتراوح تركيز النيكل فى الصخور البركانية بين 1400 – 2000 ملليجرام/كجم وهذا التركيز ينقص مع زيادة الحموضة حتى يتراوح فى الجرانيت من 5 – 15 ملليجرام/كجم وفى الصخور الرسوبية يكون محتوى النيكل من 5 – 90 ملليجرام/كجم.

والنيكل من العناصر سهلة الحركة خلال عملية التهوية، ومن المعتقد أنه يكون مصاحبا لأكاسيد الحديد والمنجنيز، وفى معظم الأراضى فإن أقل من 15 – 30% من النيكل الكلى المستخلص يكون مع أكاسيد المنجنيز. وتوزيع النيكل فى القطاع الأرضى يكون مرتبطا بكل من محتوى المادة العضوية والأكاسيد غير المتبلورة، ومحتوى الطين ونوع الأرض وذوبانية النيكل فى الأرض تتناسب عكسيا مع رقم pH، ومتوسط تركيز النيكل فى الأراضى 0.2 – 450 ملليجرام/كجم وفى معظم الأراضى يتراوح من 20 – 50 ملليجرام/كجم.

ويصل محتوى النيكل فى الطبقة السطحية للأراضى الملوثة فى كندا نتيجة لعمليات صناعة المعادن إلى 26 جرام/كجم، وفى بريطانيا فى مزارع استخدام مخلفات الصرف الصحى الصلبة وجد محتوى النيكل 846 ملليجرام/كجم تربة فى الطبقة السطحية. والحد الأقصى لتركيز النيكل فى الطبقة السطحية للأرض فى معظم بلدان العالم 100 ملليجرام/كجم جدول (6–3).

ومن أهم مصادر التلوث بالنيكل الفحم والزيت وإضافة مخلفات الصرف الصحى والصناعى والأسمدة الفوسفاتية والنشاط الصناعى.

وإضافة الجير والفوسفات والمادة العضوية يقلل من صلاحيـــة النيكـل للامتصاص بواسطة النباتات.

النيكل فى النبات: Nickel in plant

يتميز النيكل بجاهزية وسرعة امتصاصــــه بواســطة النباتـــات مـــن الأراضى، ومن أهم العوامل التى تؤثر على امتصاص النيكل رقم pH الأرض. ومحتوى النيكل فى النباتات العادية لا يزيد عن 1 ملليجرام/كجم مـــادة جافـــة، والتركيز السام يتراوح من 10–100 ملليجرام/كجم مادة جافة. جدول (5–3).

وهناك تداخل بين النيكل والعناصر الأخرى، وقد وجـــد أن كـــل مـــن Fe^{2+}، Zn^{2+}، Cu^{2+} يثبط من انتقال النيكل Ni^{2+} الممتـــص بواســطة الفــول الصويا من الجذور إلى الساق. ويعتقد أن المحتوى العالى من النيكل يقلل مـــن الحديد بواسطة تثبيط انتقاله من الجذور إلى الساق.

كما وجد أن محتوى النيكل فى حبوب القمح النامى فى الربيع فى فنلنـدا فى الأراضى غير الملوثة يتراوح من 0.21 – 0.27 ملليجرام/كجم مادة جافة. ومحتوى خضروات المائدة النامية فى الأراضى غير الملوثة فى أماكن عديـــدة فى العالم فإن تركيز النيكل بها يتراوح من 0.22 – 2 ملليجرام/كجم مادة جافة، والكمية المستنزفة من النيكل بواسطة المحاصيل من الأرض قليلة جدا ولا تزيد عن 0.3% من محتوى النيكل الكلى فى التربة (جدول 8–3).

جدول (8-3): كمية العناصر الثقيلة المستنزفة من الأرض الزراعية بواسطة المحاصيل.[69]

العنصر	محتوى الأرض كجم/هكتار	المستنزف بواسطة النبات			
		قيم ممتصة		قيم مرجعية	
		%[1]	جم/هكتار	%[1]	جم/هكتار
Mn	810	0.6	5000	0.1	1000
Cr	150	0.3	500	0.03	50
Zn	135	1.0	1500	0.3	400
Pb	75	0.6	500	0.1	100
Cu	45	1.0	500	0.2	100
Ni	39	0.3	100	0.1	50
Mo	6	0.4	250	0.5	30
Cd	1.5	10.0	100	0.6	1

(1) النسبة المئوية من المحتوى الكلى للتربة.

الكوبلت Cobalt

الكوبلت فى الأرض: Cobalt in soil

تركيز الكوبلت فى الصخور البركانية يتراوح من 100 – 200 ملليجرام/كجم، بينما فى الصخور الرسوبية من 0.1 – 20 ملليجرام/كجم، بينما محتوى الأراضى العادية من الكوبلت يتراوح فى الطبقات السطحية من 0.1 – 70 ملليجرام/كجم، ومتوسط التركيز فى معظم الأراضى فى العالم 7.5 ملليجرام/كجم وفى مصر متوسط محتوى الأراضى من 16 – 21 ملليجرام/كجم.

وقد وجد أن محتوى الكوبلت فى الأراضى المجاورة لمصانع المعادن فى كندا وصل إلى 127 ملليجرام/كجم وفى الأراضى المصرية التى تروى

بمياه الصرف الصحى وصـــل التركـــيز فـــى الطبقـــة الســـطحية إلـــى 160 ملليجرام/كجم حيث تضاعف إلى ستة أضعاف.

ومن أهم ملوثات الغلاف الجوى بالكوبلت هى الفحم والزيوت ومســـابك النيكل والنحاس.

أهم العوامل التى توثر على صلاحية حركة الكوبلت فى الأرض:

1- رقم pH. 2- محتوى الأرض من المادة العضوية.

3- كمية ونوع معدن الطين. 4- مناخ المنطقة.

الكوبلت فى النبات: Cobalt in plant

محتوى الكوبلت فى مجموعة نباتات التغذية يـــتراوح مـــن 8 – 100 ملليجرام/كجم مادة جافة وكان أعلى مدى له فى أوراق الكرنب، وأقل مدى لـــه كان فى التفاح والحبوب.

ومحتوى الكوبلت فى البرسيم يتراوح من 0.1 – 0.75 ملليجرام/كجـــم مادة جافة، وقد وجد فى محصول الأرز أنه عند تحليل محتوى القش كان تركيز الكوبلت 26 ملليجرام/كجم، وفى السيقان 50 ملليجرام/كجم، وفى الجذور مـــن 300 – 400 ملليجرام/كجم، وقد أدى ذلك إلى خفض المحصول بما يزيد عـــن 10%. وقد وجد أن محتوى الكوبلت فى حبوب القمح النامى فـــى الأراضـــى غيـــر الملوثة المصرية 160 – 380 ميكروجرام/كجم مادة جافة.

الموليبدنم Molibdenum

الموليبدنم فى الأرض: Molibdenum in soil

محتوى الموليبدنم فى الصخـــور قليـــل حيـــث يـــتراوح مـــن 1 – 2 ملليجرام/كجم، وخلال عمليات التهوية تتأكسد سلفات الموليبدنم ببطـــئ وينتـــج أنيون MoO_4^{2-} فى الوسط القلوى، وهذا الأنيون يترسب بسهولة مـــع المـــادة العضوية وكربونات الكالسيوم وعديد من الكاتيونات مثل Pb^{2+}، Cu^{2+}، Zn^{2+}، Mn^{2+}، Ca^{2+}. أيضا يمكن ادمصاص Mo بواسطة هيدروكسيدات Mn، AL، Fe، كل هذه التفاعلات تعتمد على رقم pH العالى وظروف الأكسدة.

ومحتوى Mo فى الأرض عادة يتراوح من 0.1 – 17 ملليجرام/كجـــم فى أراضى العـــالم وفـــى معظـــم أراضـــى العـــالم متوســـط محتواهـــا 1.8 ملليجرام/كجم، والحد الأقصى المسموح به فى الأراضى 10 ملليجرام/كجم تربة كما فى جدول (6–3) وجدول (7–3) وقد يصل تركيز Mo فـــى الأراضـــى الملوثة إلى 200 ملليجرام/كجم.

أهم العوامل المؤثرة على صلاحية الموليبدنم فى التربة:

1– رقم pH للأرض.
2– محتوى الأرض من المادة العضوية.
3– حالة الصرف ومحتوى الرطوبة الأرضية.
4– قوام الأرض.
5– نسبة كربونات الصوديوم.
6– التداخل مع العناصر الأخرى.

والموليبدنم يختلف عن المعادن الثقيلة الأخرى حيث أنه مع ارتفاع رقـــم pH تزيد الكميات الصالحة للنبات وكذلـــك إضافـــة $CaCO_3$ يقلـــل جاهزيـــة العناصر الأخرى للنبات ولكنها قد تتسبب فى ارتفاع كمية الموليبدنم الممتـــص

بواسطة النبات، وإضافة الكبريت فى وجود الموليبدنم يجعله أكثر فاعلية فى إعاقة امتصاص النبات للمولبيدات والفوسفور عامل محفز على امتصاص الموليبدنم بواسطة النبات.

أهم مصادر التلوث بالموليبدنم:

التلوث الصناعى (التعدين – صهر المعادن – معاملة المعادن – مصفاة الزيوت – ......) ويعتقد أنه المسبب فى ارتفاع Mo فى الأراضى بالإضافة إلى أن بعض مخلفات الصرف الصحى تحتوى على كمية من Mo تصل إلى 50 ملليجرام/كجم فتؤدى إلى رفع نسبة Mo فى الأرض، وكذلك تزيد من صلاحيته للنبات. بالإضافة إلى أن الإضافة المستمرة للرماد والناتج من مخلفات النباتات وحرق الفحم مصدر مؤثر فى زيادة Mo فى التربة.

الموليبدنم فى النبات: Molibdenum in plant

Mo عنصر ضرورى للنبات ولكن الإحتياجات الفسيولوجية من هذا العنصر قليلة نسبيا والنبات يمتصه فى صورة أيون مولبيدات ويتناسب الامتصاص مع تركيزه فى المحلول الأرضى.

وعادة ما يكون محتوى النبات منه 1 ملليجرام/كجم مادة جافة فى الأوراق. ونباتات المائدة تحتوى على تركيز يتراوح من 0.0018 – 1.23 ملليجرام/كجم وزن طازج، 0.07 – 1.75 ملليجرام/كجم وزن جاف. وأوضحت العديد من الدراسات أن الخضروات البقولية تحتوى على تركيز عالى من الموليبدنم بينما العكس فى الفواكه، بينما يكون محتوى Mo فى الحبوب 0.49 ملليجرام/كجم مادة جافة، والنباتات التى تنمو فى الأراضى الملوثة يتراوح فيها المحتوى من 124 – 1061 ملليجرام/كجم مادة جافة فى

الخس والكرنب. ووجد كذلك أن الكرنب النامى فى أراضى مسـمدة بمخلفـات الصرف الصحى الصلبة (الحمأة) زاد فيه محتوى Mo إلى ثلاثـة وعشـرون ضعفا حيث كان 18 ملليجرام/كجم مقارنا بالنامى فى الأراضى غير المسـمدة 0.8 ملليجرام/كجم.

السلنيوم Selenium

السلنيوم فى الأرض: Selenium in soil

يوجد السلنيوم بكميات قليلة فى الصخور البركانية لا تزيد عـن 0.05 ملليجرام/كجم، وفى الصخور الرسوبية مع حبيبات الطين، ومعظم Se يظـهر فى الكبريت ومعادن الكبريت.

وعادة ما يكون محتوى الأراضى من السلنيوم يتراوح مـن 0.01 – 5 ملليجرام/كجم وبمتوسط فى معظم الأراضى فى العالم 0.33 ملليجرام/كجم. وقد وجد Se فى الأراضى النهرية فى مصر فى القطاع الأرضـى كلـه يـتراوح تركيزه من 0.15 – 0.85 ملليجرام/كجم وفـى بعـض الأراضـى المعدنيـة والعضوية وجد أن تركيز السلنيوم يصل إلى درجة السمية.

وذوبانية السلنيوم فى معظم الأراضى منخفضة بالإضافة إلى أن معظـم إنتاجية الأراضى من المحاصيل وعلف الماشية يكون منخفض المحتـوى مـن السلنيوم، وفى الطبيعى فإن الأرض الغنية بالسلنيوم هى الأراضـى الجيريـة والأراضى الجافة والأراضى الثقيلة المسمدة بمخلفات الصرف الصحى الصلبـة أو الرماد.

والفوسفات والسلفات يقلل من ادمصاص السلنيوم ادمصاصـه خاصـة على أكاسيد الحديد. السكرى عام 1980 وجد أن 45% من المحتـوى الكلـى

للسلنيوم يكون صالح للنبات حيث يمكن استخلاصه بواسطة K_2SO_4 أو NH_4OH.

ووجد Singh عام 1982 أن أفضل تأثير لتقليل سمية Se للنبات فى الأرض يحدث عند إضافة كل من الكبريت، الفوسفور والنيتروجين.

السلنيوم فى النبات: Selenium in plant

Se هام جدا للنمو العادى للحيوانات، وتركيزه فى العلف الجاف يجب أن يتراوح من 0.5 – 1 ملليجرام/كجم مادة جافة. وعموما يكون تركيز Se فى النبات عاليا فى المناطق الجافة عنه فى المناطق الرطبة، حيث يفترض أن Se فى النبات مرتبط ارتباطا إيجابيا بكل من pH والأملاح و $CaCO_3$ فى الأرض. والمناطق المجاورة لشاطئ البحر يكون تركيز Se فى النبات عاليا حيث يرجع ذلك إلى رذاذ البحر المحمل بالسلنيوم، وبعض المحاصيل البقولية التى تنمو على رماد الفحم تحتوى على تركيز من Se يصل إلى 200 ملليجرام/كجم مادة جافة.

ومحتوى السلنيوم فى الحبوب يصل إلى 2 ملليجرام/كجم، وفى مصر وجد أن محتوى حبوب القمح من السلنيوم تتراوح من 0.14 – 0.43 ملليجرام/كجم مادة جافة. والحدود الطبيعية للسلنيوم تتراوح بين 0.01 – 2 ملليجرام/كجم مادة جافة وحدود السمية من 5 – 30 ملليجرام/كجم مادة جافة كما فى جدول (5-3).

البورون Boron

البورون فى الأرض: Boron in soil

البورون يوجد فى الصخور البركانية ويزداد بزيادة حموضة الصخور، بينما فى الصخور الرسوبية يكون البورون موجودا مع حبيبات الطين وخــلال عمليات التجوية للصخور يذهب البورون بسهولة إلى المحلول الأرضــى فــى صور عديدة مــن الأيونــات مثــل $B(OH)^{-}_4$، $H_2BO^{-}_3$، BO^{3-}_3، $B_4O^{2-}_7$، BO_2^{-} كما أن البورون يحجز بسهولة بواسطة الطيــن والأكاســيد السداســية والمواد العضوية. والبورون من العناصر سهلة الحركة وقد يترسب فى السطح وفى أحيان أخرى يغسل مع القطاع الأرضى. ويتراوح تركيز البــورون فــى التربة من 1 – 467 ملليجرام/كجم، ومتوسط تركيز البورون فــى الأراضــى يتراوح من 9 – 85 ملليجرام/كجم. والحد الأقصى المســموح بــه هــو 100 ملليجرام/كجم تربة. جدول (7–3).

فى الأراضى الصودية وجد أن إضافــة الجبــس لإصلاحــها يحــول ميتابورات الصوديوم الصالحة إلى ميتابورات كالسيوم والإضافات الثقيلة مــن $Ca(H_2PO_4)_2$ أيضا تقلل من صلاحيــة البــورون خاصــة فــى الأراضــى الحامضية، كذلك إضافة حمض الكبريتيك يساعد فى إصــلاح الأراضــى ذات المحتوى العالــى من البورون.

ويجب ألا تزيد الكمية المضافة عن 4.5 كجم/هكتار/عام فى آراضــى المحاصيل المروية و7 كجم/هكتار/عام فى أراضى المراعى.

أهم العوامل التى تؤثر على صلاحية البورون فى التربة:

1- رقم pH.

يوجد ارتباط بين تيسر البورون ورقم pH للتربة حيث تكون اقل كمية ميسرة عند رقم pH القريب من 7 وفى الظروف القلوية تزداد صلاحية البورون مع زيادة رقم pH.

2- المادة العضوية. 3- قوام التربة.

4- رطوبة التربة. 5- التداخل مع العناصر الأخرى.

البورون فى النبات: Boron in plant

إن احتياجات النباتات من البورون قليلة جدا وبالرغم من ذلك فإنه باختلاف نوع النبات تختلف الاحتياجات المطلوبة من هذا العنصر.

يتراوح محتوى B فى البرسيم من 20 – 100 ملليجرام/كجم، ومتوسط التركيز فى البرسيم والأعشاب 37 ملليجرام/كجم.

ومحتوى البورون فى الخضروات والفواكه يتراوح من 1.3 – 16 ملليجرام/كجم مادة جافة، 58 – 455 ملليجرام/كجم رماد جاف، وأقل تركيز للبورون يكون فى محاصيل الحبوب حيث يتراوح من 1 – 15 ملليجرام/كجم، وأعلى تركيز له كان فى أوراق قصب السكر. والحد السام للبورون فى أنسجة النباتات يتراوح بين > 50 – 200 ملليجرام/كجم جدول (3–5).

درجة تلوث التربة بالعناصر الثقيلة:

كما أشرنا سابقا إلى أن تلوث الأراضى بالعناصر الثقيلة تتحكم فيه العديد من العوامل المرتبطة بالأرض والنبات والبيئة والعنصر نفسه ولكن هناك عدة اقتراحات لتقسيم درجة تلوث الأراضى بالعناصر الثقيلة، إحدى هذه الاقتراحات يقسم التلوث إلى خمس درجات طبقا لتركيز العناصر الصغرى فى كل من الأراضى الخفيفة والمتوسطة (درجة الحموضة لها أقل من 5.5)، والأراضى المتوسطة الثقيلة ذات درجة حموضة أقل من 5.5، والأراضى الرملية الغنية بالمادة العضوية (درجة الحموضة لها من 5.5 – 6.5) جدول (3–9).

جدول (9-3): درجات تلوث التربة بالعناصر الثقيلة (ملليجرام/كجم). [74]

العنصر	نوع الأرض(1)	درجة التلوث (2)					
		0	I	II	III	IV	V
Cd	a	0.3	1	2	3	5	5<
	b	0.5	1.5	3	5	10	10<
	c	1	3	5	10	20	20<
Cu	a	15	30	50	80	300	300<
	b	25	50	80	100	500	500<
	c	40	70	100	150	750	750<
Ni	a	10	30	50	100	400	400<
	b	25	50	75	150	600	600<
	c	50	75	100	300	1000	1000<
Pb	a	30	70	100	500	2500	2500<
	b	50	100	250	1000	5000	5000<
	c	70	200	500	2000	7000	7000<
Zn	a	50	100	300	700	3000	3000<
	b	70	200	500	1500	5000	5000<
	c	100	300	1000	3000	8000	8000<

(1) نوع الأرض: a- أراضى خفيفة ومتوسطة 5.5 > pH.

b- أراضى متوسطة وثقيلة 5.5 > pH.

c- أراضى رملية وغنية فى المادة العضوية pH 5.5 – 6.5.

(2) درجات تلوث التربة:

(0) غير ملوثة. (I) تلوث ضعيف. (II) تلوث متوسط. (III) تلوث كبير.

(IV) تلوث ثقيل. (V) تلوث مكثف جدا.

درجة تلوث المنتجات الزراعية بالعناصر الثقيلة:

كما يتضح من العرض السابق أن تركيز العناصر فى المنتجات الزراعية مرتبط بتركيزها فى التربة (المحلول الأرضى). والأرض نظام مفتوح لذا يجب المتابعة الدورية مع تحديد الحدود القصوى المسموح بها من هذه العناصر فى المنتجات الزراعية. جدول (10-3) مع الرقابة المستمرة عليها لما فى ذلك من أثر داخلى على صحة الإنسان وأثر خارجى لسوق المنتج الزراعى فى الخارج.

جدول (10-3): الحد المسموح به من العناصر الثقيلة ملليجرام/كجم فى المنتجات الغذائية.[46]

العنصر	الخبز	الخضار	الفاكهة	العصائر
Hg	0.01	0.02	0.01	0.005
Cd	0.02	0.03	0.03	0.02
Pb	0.2	0.5	0.4	0.4
As	0.2	0.2	0.2	0.2
Sb	0.1	0.3	0.3	0.2
Cu	5.0	10.0	10.0	5.0
Zn	25.0	10.0	10.0	10.0
Fe	50.0	50.0	50.0	15.0
Ni	0.5	0.5	0.5	0.3
Se	0.5	0.5	0.5	0.5
Cr	0.2	0.2	0.1	0.1
*Sn	–	200.0	200.0	100.0
Al	20.0	30.0	20.0	10.0

* فى المنتجات المعلبة من الفواكه.



الفصل الرابع

الأسمدة الكيماوية والتلوث

الفصل الرابع

الأسمدة الكيماوية والتلوث

Chemical fertilizers pollution

الأسمدة الكيماوية: Chemical fertilizers

أثبتت الأبحاث المختلفة أن الاستخدام الحكيم للأسمدة يؤدى إلى تحسين البيئة، بينما يؤدى عدم إضافتها إلى استنزاف التربة وتقليل خصوبتها وحدوث مشاكل عديدة، وأصبح هناك علاقة متبادلة بين البيئة والأسمدة. حيث أن الأسمدة المضافة بكميات وطرق مناسبة تؤدى إلى زيادة المساحات الخضراء وتنقية الهواء وتقليل التعرية وزيادة استخدام المخلفات العضوية والنباتية وتقليل تلوث المياه.

ونظراً لما تتطلبه الزيادة المطردة فى السكان على المستوى العالمى من توفير قدر أكبر من الموارد الغذائية مما يستلزم تنمية الإنتاج الزراعى والحيوانى، لذا فقد تركزت الجهود على استخدام البذور المحسنة واستعمال معدلات تسميد عالية لتحقيق هذا الهدف. وقد بلغ معدل الاستهلاك العالمى عام 2000 من عناصر التسميد الكبرى (NPK) 264 مليون طن وبنسبة (1 : 0.46 : 0.4) للعناصر الثلاثة على الترتيب بنسبة زيادة قدرها 3.2% سنوياً، بالإضافة إلى أن 10% من الأراضى الخصبة المنتجة على مستوى العالم والتى تقدر بحوالى 2.8 بليون فدان (75% منها بالبلدان النامية) لم تعد صالحة للزراعة، إما نتيجة للرعى الجائر أو الممارسات الزراعية غير الصحيحة، وزحف البناء على الأرض الزراعية، وقلة الحياة اللازمة للتوسع الأفقى فى الزراعة وتزايد الإتجاه نحو التنمية الرأسية.

وتقدر منظمة FAO فى دراسة مشتركة مع البنك الدولى وهيئـــة اليونيـــدو التطور الكلى على أساس إجمالى عناصر التسميد الكبرى بالدول النامية حتى عـــام 2010 على الوجه التالى (مليون طن) – جدول رقم (1–4).

جدول (1–4): إجمالى عناصر التسميد الكبرى (مليون طن) بالدول النامية حتـــى عام 2010.

المنطقة	1999/98	2000	2010	معدل النمو السنوى % 2010 / 1990
أفريقيا جنوب الصحراء	1.2	1.9	3.3	4.8
أمريكا اللاتينية	8.2	11.6	16.9	3.5
شمال أفريقيا	5.6	8.4	13.1	4.1
جنوب أسيا	14.8	21.7	32.9	3.9
شرق أسيا	22.3	39.8	49.0	2.1
إجمالى الدول النامية	52.1	83.4	115.2	3.1

جدول (2-4): بيان بالاستهلاك الفعلى من الأسمدة الأزوتية والأسمدة الفوسفاتية (بالألف طن).[26]*

السنة	الأزوتية 15.5% N	الفوسفاتية 15 % P_2O_5
1974	360	51,5
75	403	78,3
76	407,8	83,9
77	407,9	67,8
78	474,3	86,9
79	547,2	120,0
80	600,1	139,1
81	630,5	143,2
82	680,2	150,0
83	700,5	159,6
84	722,2	181,0
85	649,2	198,2
86	640,3	181,5
91	775,0	150,0
92	743,7	104,0
93	849,5	106,4
94	728,9	104,3
95	750,2	113,2
96	778,1	121,1

* أجرى بعض التعديلات مع احصائيات مختلفة.

وفى مصر تزرع الأرض مرتين أو أكثر فى العام مع إدخال أصناف عالية الإنتاج ومستنزفة للعناصر الغذائية من التربة وتبعا لذلك زادت معدلات الأسمدة المضافة. كما هو موضح بالجدول (2-4).

وتعتبر مصر من أعلى البلاد استهلاكا للأسمدة الكيماوية بصفة عامة والأزوتية بصفة خاصة (بالنسبة لوحدة المساحة) وتؤكد ذلك بيانات منظمة الأغذية

والزراعة العالمية FAO عن الفترة من 1984/83، 1987/86. كما يتضح من الجدول (3-4) فإن معدل استهلاك الفدان من السماد النيتروجينى خلال عام 1987/86 كان 110 كجم نيتروجين/فدان، وقد ارتفع عام 96/95 إلى 155 كجم نيتروجين/للفدان.

جدول (3-4): استهلاك الأسمدة فى بعض الدول كجم/هكتار/عام.

العنصر / الدولة	هولندا	أمريكا	اليابان	مصر
النيتروجين (N)	250.4	21.8	128.2	259.3
الفوسفور (P_2O_5)	43.5	8.4	138.1	48.1
البوتاسيوم (K_2O)	52.1	10.2	10.2	11.9

أهم العوامل المؤثرة فى كفاءة استخدام الأسمدة:

توجد علاقة عكسية بين كفاءة استخدام النبات للأسمدة والتلوث. وأهم العوامل التى تؤثر فى كفاءة استخدام الأسمدة هى:

1- قوام الأرض.
2- محتوى الأرض من المادة العضوية.
3- رقم pH الأرض.
4- نوعية مياه الرى.
5- طريقة الرى وكمية مياه الرى.
6- كمية السماد ونوعه.
7- طريقة إضافة السماد.
8- كمية مياه الصرف ونوع الصرف.
9- نوع النبات النامى.

10- الظروف المناخية (الرياح - درجة الحرارة - الأمطار ...).

11- طبوغرافية الأرض.

12- نوع وكثافة الغطاء النباتى.

13- عمق القطاع الأرضى.

أولاً: الأسمدة النيتروجينية Nitrogen fertilizers

النيتروجين: Nitrogen

يعتبر النيتروجين من العناصر الغذائية الهامـــة للنبـــات. والنيـــتروجين الموجود بالتربة مصدره الأصلى هو الهواء الجوى حيـــث يشـــكل النيـــتروجين 80% من حجم الهواء الجوى والكمية الكلية المثبتة فى التربة من النيـــتروجين الجوى كما ذكر (Chatt, 1976) فى أنحاء العالم تقدر بحوالـــى 17.2×10^{7} طن لكل موسم، وبالطبع فإن هذا الرقم أعلى من الإنتاج الصناعى فـــى العـــالم بحوالى أربع مرات تقريباً. وتقـــدر الزيـــادة فـــى معـــدل اســـتهلاك الأســـمدة النيتروجينية فى البلدان النامية فى العشر سنوات الأخيرة بنسبة 160%.

مصير النيتروجين فى الأرض:

تشير عديد من الدراسات إلى مصير النيتروجين فى الأرض كما يتضـــح من الشكل (1-4) دورة النيتروجين فى الأرض.

حيث تشتمل على عدد من العمليات الأساسية يمكن إيجازها كالآتى:

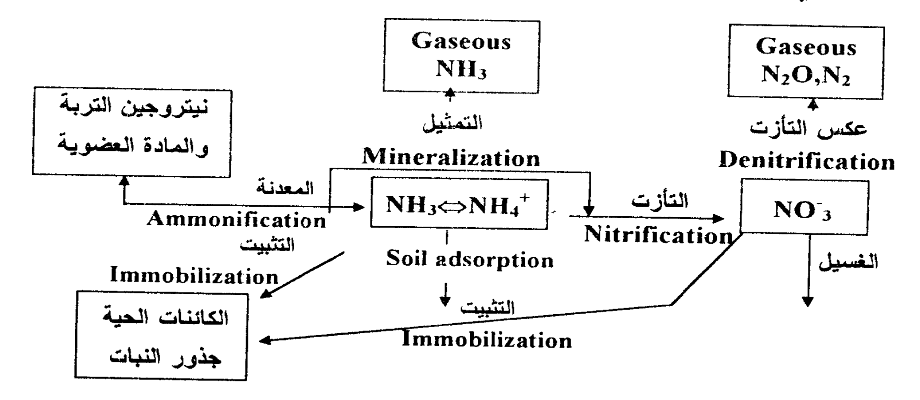
1- تثبيت النيتروجين الجوى Nitrogen fixation.

2- معدن النيـــتروجين العضـــوى Nitrogen mineralization وتكويـــن الأمونيا Ammonification.

3- تكوين النترات Nitrification.

4- اختزال النترات إلى أمونيا Denitrification.

5- تمثيل النيتروجين المعدنى فى أجسام الكائنات الحية الدقيقة والنبات "عمليـــة التمثيل Immobilization".



شكل (1-4): دورة النيتروجين فى الأرض

فقد النيتروجين من الأرض: Losses of soil nitrogen

يتعرض النيتروجين للفقد بعدة طرق مختلفة من أهمها ما يلى:

1- فقد النيتروجين فى صورة غازية Gaseous losses:

أشارت عديد من الأبحاث إلى فقد النيتروجين فـــى الأرض الزراعيـــة على صورة غازية من خلال عمليتين أساسيتين.

أ- عكس التأزت: Denitrification

تحت الظروف اللاهوائية فى الأراضى الزراعية (سوء حالة الصرف - زراعة الأرز ...) تقوم بعض أنواع من الكائنات الحيـــة بـاختزال النـترات والنيتريت إلى صورة غازية وهى N_2، N_2O، NO. والكمية المفقودة تـتراوح من 5 - 20% من كمية النيتروجين المضافة، وقد ذكـر Amberger عـام 1993 أن النيتروجين المفقود خلال عمليـة عكـس التـأزت يصـل إلـى 30 كجم/هكتار.

وكما ذكر Mengel and Krikby سـنة 1987 أن إجمـالى الكميـة المفقودة على مستوى العالم من خلال عملية عكس التأزت تقدر بحوالـى 200 - 300 مليون طن فى العام.

أهم العوامل التى تؤثر على فقد النيتروجين عن طريق عكس التأزت:

1- محتوى النترات أو النيتريت فى التربة.

2- محتوى المادة العضوية.

3- حالة الصرف والتهوية.

4- درجة الحرارة.

5- رقم pH التربة.

6- قوام الأرض.

ب- تطاير الأمونيا: Ammonia Volatilization

كما أشرنا خلال دورة النيتروجين وتحلل الأسمدة المضافـة للتربـة أو تحلل المادة العضوية من خلال عملية المعدنة فإنه يحدث تطاير للنيتروجين على صورة أمونيا NH_3، وهذا الفقد وصل فى بعض الأحيان تحت الظروف الجافـة والأراضى الرملية إلى 60% من كمية النيتروجين المضافة. وكما هو موضـح فى الشكل (2-4) فإن متوسط كمية النيتروجين المفقودة عن طريق التطاير فـى الأراضى المصرية تتراوح من 15 - 20%.

أهم العوامل التى تؤثر على فقد الأمونيا:

1- رقم pH.

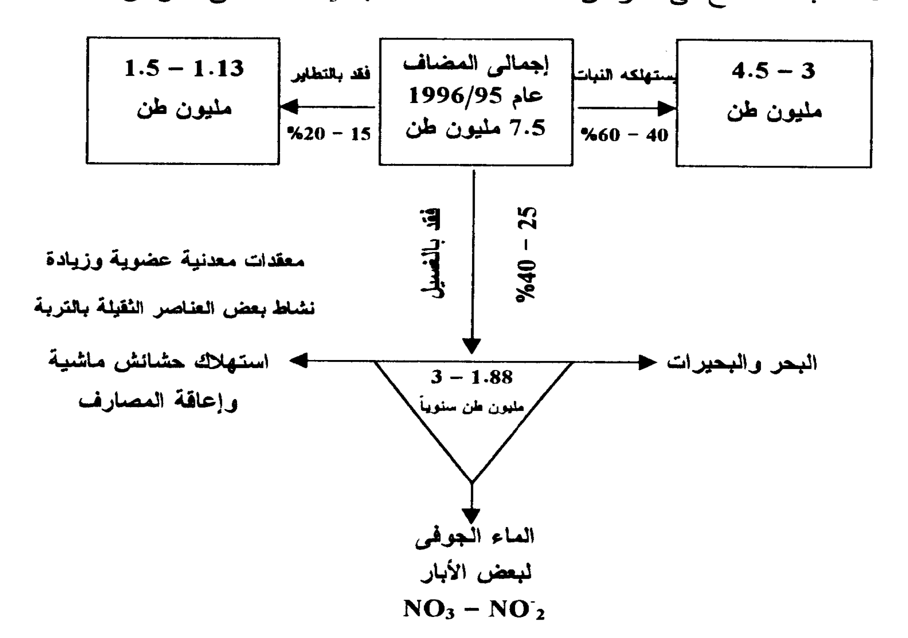
2- الظروف الجوية (الحرارة – الرياح – الأمطار ...).

3- محتوى الرطوبة فى التربة. 4- كمية النيتروجين المضافة.

5- محتوى الطين فى التربة. 6- نوع معدن الطين السائد.

7- طريقة إضافة السماد. 8- السعة التبادلية الكاتيونية.

9- نسبة الأملاح فى الأرض. 10- نسبة $CaCO_3$ فى الأرض.



شكل (2-4): الأسمدة النيتروجينية المضافة سنوياً إلى الأراضى المصرية

2- الفقد بالغسيل: Leaching losses

أيون النترات يحمل شحنة سالبة NO_3^- وفرصة ادمصاصه على أسـطح الغرويات قليلة، وذلك للتنافر الحادث مما يسهل من عملية فقده من خلال الغسيل مع مياه الصرف. وكما هو موضح فى الشكل (2-4) فإن كمية النترات المفقـودة بالغسيل تتراوح من (25 – 40%). ويوجد عديد من العوامل التى تؤثـر علـى فقد النترات من التربة.

أهم العوامل التى تقلل غسيل النترات من الأرض:

1- ترشيد استخدام مياه الرى.

2- استخدام السماد بالكمية المناسبة وفى الوقت الملائم.

3- تقسيم كمية السماد المستخدم على دفعات.

4- استخدام أسمدة مضاف إليها مثبطات التأكسد.

5- استخدام محاصيل ذات جذور عميقة.

وقد بينت بعض الدراسات التى أجريت فى فرنسا أن الكمية المسـتخدمة من مركبات النترات لزيادة خصوبة التربة تبلغ نحو 9 مليون طن/عام، وحيـث إن النباتات لا تستهلك كل هذه الكمية فقد اتضح أنه يتبقى فى الأرض نحـو 2 مليون طن/عام.

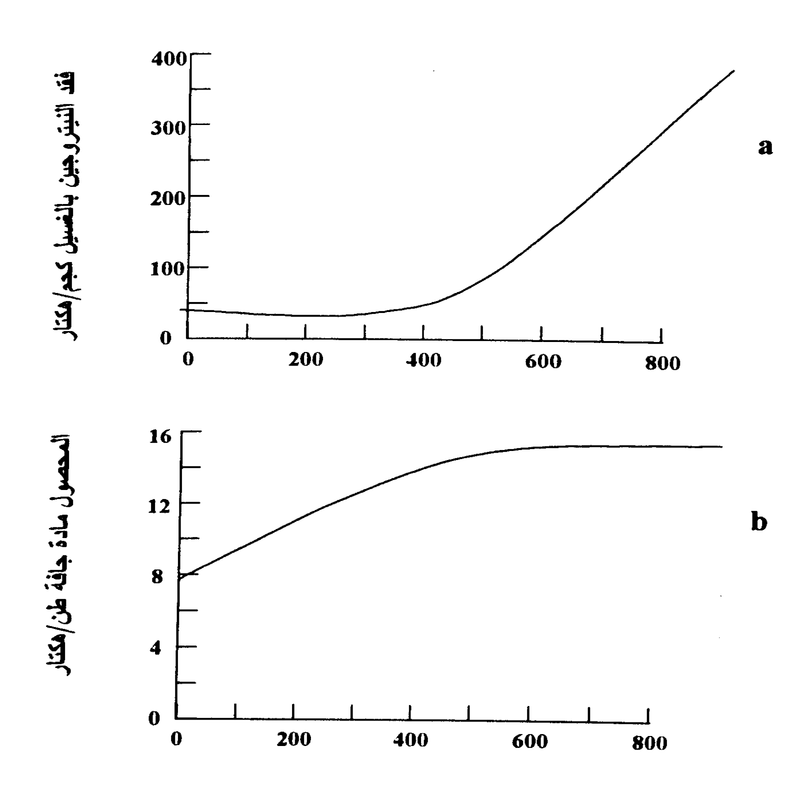
جدول (4-4): فقد النترات بالغسيل من السماد العضوى.[39]

الشهور	فقد النترات بالغسيل ملليجرام/كجم سماد عضوى
نوفمبر	1186
ديسمبر	469
يناير	244
فبراير	82
مارس	67
أبريل	46

يوضح جدول (4-4) كمية النترات المفقودة بالغسيل فى بداية موسم الشتاء نتيجة إضافة السماد البلدى فى موسم الخريف فى تجربة الليزميتر. وكما يتضح كانت أعلى كمية لفقد النترات في شهر نوفمبر ثم انخفضت إلى الثلث فى شهر ديسيمبر ثم تتابع الانخفاض.

كما يتضح من الشكل (3-4) أن كمية النيتروجين المفقودة بالغسيل من الأرض تكون ثابتة ومنخفضة فى المراحل المتزايدة للمحصول، وعند وصول المحصول إلى أقصى كمية إنتاج ممكنة تبدأ كمية النيتروجين المفقودة فى الزيادة بصفة دائمة.

وأهم الملوثات الناتجة عن استخدام الأسمدة النيتروجينية فى التسميد الزراعى هى مشكلة التلوث بالنترات وتركيز البيوريت فى اليوريا بالإضافة إلى محتوى الأسمدة النيتروجينية من العناصر الثقيلة. وقد تم تقدير محتوى بعض العناصر الثقيلة فى سماد سلفات الأمونيوم المضاف للأراضى المصرية (السكرى عام 1993) فوجد أن محتوى العناصر الثقيلة أقل مما ذكر فى جدول (2-2) بعدة أضعاف لجميع العناصر فكانت كما هو موضح فى جدول (5-4).



شكل (3-4): العلاقة بين معدلات التسميد وكل من إستجابة المحصول والكمية المفقودة من النيتروجين بالغسيل، (a) النيتروجين الزائد عن احتياجات المحصول ويتم فقده بالغسيل، (b) استجابة المحصول للتسميد النيتروجينى.

جدول (5-4): تركيز العناصر الثقيلة فى سلفات الأمونيوم المستخدمة فى مصر.[50]

العنصر	التركيز ملليجرام/كجم
Cd	1.0-0.6
Co	0.9-0.2
Cr	1.2-0.6
Cu	2.0-1.0
Hg	0.06-0.03
Ni	10-7
Pb	16-4
Zn	8-3

وتحت ظروف السويد وجد فى الحقل باستخدام النيتروجين المشع ^{15}N فى صورة $(NH_4)_2SO_4$ وبمعدل 100 كجم/N/للهكتار وجد أن النترات تصل إلى عمق 120 سم وبكمية تساوى 16 كجم/N/هكتار. ولا يقل عن 10% منها من النيتروجين المشع المضاف Filipovic and stevanovic عام 1980.

وفى يوغسلافيا وفى تجربة حقلية وباستخدام النيتروجين المشع ^{15}N فى صورة NH_4NO_3 وزراعة الذرة وبمعدل إضافة 100 كجم/N/هكتار وجد تحرك النترات إلى عمق 100 سم.

هذه البيانات تشير إلى ضرورة وضع خطة سمادية واضحة تفى بحاجة المحاصيل وتحافظ على خصوبة التربة وتحد من الاستنزاف السريع لبعض العناصر السمادية المخزونة وتحافظ على البيئة.

كما أن الاسراف فى التسميد باليوريا قد يؤدى إلى تكوين مركب البيوريت فى الأرض وهو سام للنبات إذا زادت نسبته عن 2.5%، كذلك زيادة التسميد النيتروجينى يؤدى إلى نقص عنصر النحاس مما يؤثر على نمو النبات.

كما أن الأسمدة النيتروجينية تحتوى على بعـــض الشـــوائب المعدنيـــة والعناصر الثقيلة والتوسع فى استخدام نترات الأمونيوم يؤدى إلى تراكم عنصـــر البورون السام فى التربة، حيث أن البوراكس يضاف بنســـبة معينـــة لتحســـين صفـــات تبلور وصلابة السماد لملائمة مختلف ظـــروف التخزيـــن والتـــداول. وسلفات الأمونيوم يفقد جزء قد يزيد عن 20% بالتطاير ويحتوى السماد علـــــى نسبة من العناصر الثقيلة كما هو موضح فى جدول (2-2).

النترات فى النبات: Nitrate in plant

ويوضح الجدول (6-4) مقدار التركيز للنترات والنيتريت فـــى بعـــض النباتات عند إضافة معدلات مختلفة من الأسمدة النيتروجينية، وعند تخزين هـــذه الخضروات لمدة عدة أيام. وكما يتضح من الجدول (7-4) فإن تركيز النـــترات فى الخضروات يتراوح من 153 – 2600 ملليجرام/كجم بينما النيتريت يـــتراوح من 0.7 – 8.7 ملليجرام/كجم. ويكون ترتيب الخضروات من حيث محتواهـــا من النترات تركيباً تنازلياً كالتالى:

الفجل – البنجر – الخس – الكرفس – السبانخ – الكرنب

– الجزر – الخيار – الفاصوليا الخضراء.

وقد اتضح للعلماء أن أيون النيتريت هو الأيون السام حيث يتعامل كمادة مؤكسدة أو مختزلة ولذلك تعزى سمية النيتريت. ومن المعتقد أن أيون النيـــتريت يعمل على تسمم الدم فهو يؤدى إلى زيادة نسبة الهيموجلوبين المحتوى على ذرة الحديد ثلاثية التكافؤ ويقلل من قدرة الدم على نقل الأكسجين إلى مختلف خلايـــا الجسم.

وقد قدرت نسبة النترات التى توجد فى جسم الإنسان بحيث لا تزيد عن 3 ملليجرام من NO_3 لكل كجم من الجسم.

جدول (6-4): محتوى النترات والنيتريت ملليجرام/كجم، فى الخضروات عند إضافة معدلات مختلفة من النيتروجين.

المعاملات / القياسات	معدل إضافة النيتروجين كجم/هكتار			
	صفر	80	160	320
المحصول طن/هكتار مادة طازجة	5.1	19.4	24.4	25.2
محتوى النترات عن الحصاد ملليجرام/كجم مادة جافة	390	990	3260	7870
محتوى النيتريت	1.6	5.5	11	9
محتوى النترات المخزون *	330	1220	3360	5790
محتوى النيتريت المخزن	12.2	39.4	640	1075

* تم التخزين فى الظلام لمدة 4 أيام.

جدول (7-4): تركيز النترات والنيتريت ملليجرام/كجم فى معظم الخضروات.

النبات	النترات NO_3	النيتريت NO_2
البنجر	2134	3.3
الجزر	183	1.5
الكرنب	330	2.3
الفجل	2600	7.3
الكرفس	1321	0.7
الخس	1361	8.7
السبانخ	442	3.2
الخيار	156	8.0
الفاصوليا الخضراء	153	5.3

أخذت عينات كذلك من أراضى الجبل الأصفر حيث تروى بمياه الصرف الصحى لمدينة القاهرة لمدة 80 عام فكان محتوى النترات فيها يتراوح من 20 – 50 ملليجرام/لتر. كما وجد أن محتوى النترات فى الأرض يتراوح من 180 – 385 ملليجرام/كجم. ويزداد المحتوى مع زيادة العمق فى القطاع الأرضى.

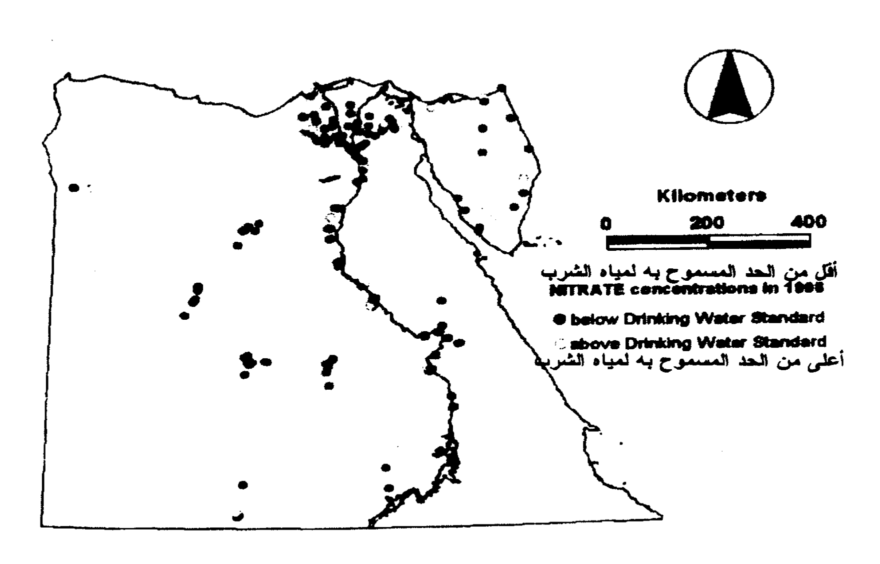
الحد الأقصى للنترات فى النبات:

Maximum Concentration of NO_3 in plant

كما يتضح فى الجدول (8-4) فإن محتوى النترات المسموح به يختلف طبقاً لنوع النبات. وبعض الدول تعطى نسبة أعلى من ذلك، فالإتحاد الأوروبى حدد الحد الأقصى المسموح به من تركيز النترات فى الخس 3500 ملليجرام/كجم مادة طازجة فى الشتاء، 4500 ملليجرام/كجم مادة طازجة فى الصيف.

جدول (8-4): الحد الأقصى المسموح به من النترات ملليجرام/كجم مادة طازجة فى بعض المنتجات الغذائية.

المحصول	NO_3 ملليجرام/كجم مادة طازجة	المحصول	NO_3 ملليجرام/كجم مادة طازجة
البطاطس	80	شبت	400
الكرنب	300	الخس	1300
الجزر	300	فلفل	220
الطماطم	60	بقدونس	350
خيار	150	البطيخ	45
بنجر	1400	التفاح	65
بصل	60	كمثرى	35
كرات	400	فجل	650



شكل (4-4): محتوى النترات فى المياه الجوفية خلال عام 1998 فى جمهورية مصر العربية [51a]

كمية النترات فى جسم الإنسان:

تقدر حالياً كمية النترات التى تدخل جسم الإنسان عن طريق الأغذية أو مياه الشرب دون أن تسبب أى أضرار بما لا يزيد على 3.65 ملليجرام من النترات/كجم من وزن جسم الإنسان وتبلغ هذه الكمية بالنسبة للرجل البالغ نحو 280 ملليجرام من النترات.

جدول (9-4): كمية النترات التى تصل للإنسان فى اليوم من خلال الغذاء والمياه. [65]

المنتج	ملليجرام/نترات/يوم/للفرد	% للمأخوذ فى اليوم
الألبان والمنتجات الجافة	0.23	0.2
اللحوم ومنتجاتها	5.7	6.2
الحبوب	1.5	1.6
الفاكهة	0.9	1.0
الخضروات (155 جم/يوم)	63.5	70.0
المشروبات والمياه (2.75 لتر/يوم)	19.0	21.0

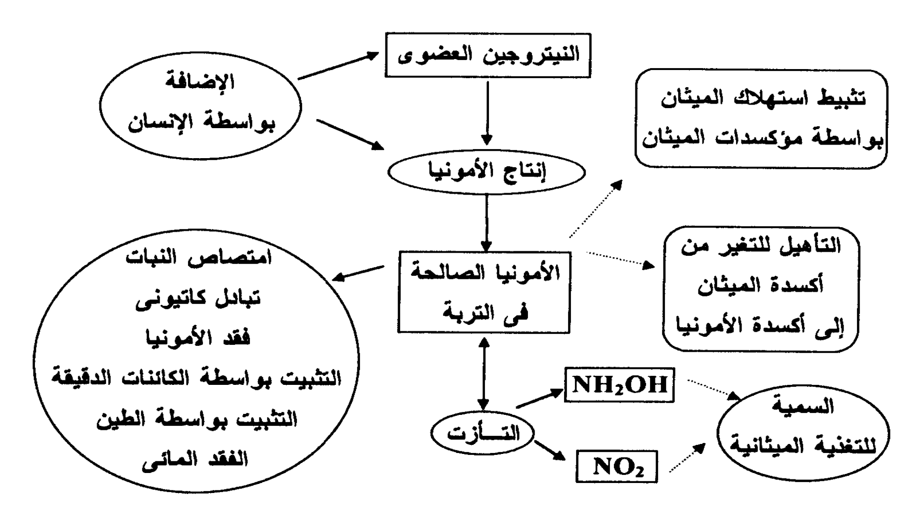
وكما يتضح من جدول (9-4) أن الكمية الأساسية من النترات التى تصل للإنسان تكون عن طريق الخضروات أو المشروبات ومياه الشرب.

فقد النترات بالغسيل:

يمتد أثر التلوث الناتج من إضافة الأسمدة الكيميائية أو استخدام مياه الصرف الصحى فى الزراعة إلى المياه الجوفية حيث يرتفع بها محتوى النترات كما فى شكل (4-4) ونظرا لأن المياه الجوفية تستخدم كمصدر أساسى لمياه الشرب فى معظم مناطق العالم لذلك يجب الحرص على عدم تلوثها والمحافظة عليها، ويحتاج ذلك إلى الرصد الدائم والتحليل المستمر للمياه الجوفية مع ترشيد استخدام الأسمدة الكيماوية ومياه الرى ومعالجة وترشيد استخدام مياه الصرف الصحى.

تأثير التسميد النيتروجينى على غاز الميثان:

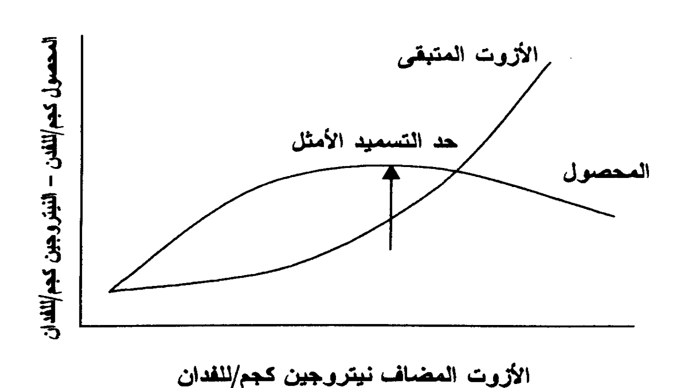
توجد علاقة بين التسميد النيتروجينى وغاز الميثان شكل (5-4) ولكن هناك عوامل أخرى تؤثر فيها، فقد ذكر Steudler وآخرون عام 1994 أن هناك علاقة سالبة بين معدل التأزت وأكسدة الميثان. وذكر أن التسميد النيتروجينى عموماً يزيد من معدل معدنة النيتروجين ومعدل التأزت وينقص من استهلاك الميثان استجابة للنيتروجين المضاف، وعلى العكس ذكر Castro وآخرون سنة 1995 أن هناك علاقة موجبة بين استهلاك الميثان وخصوبة التربة. وذكر Goldman وآخرون سنة 1995 أن المعدل العالى المستهلك من الميثان يحدث عندما تزداد الأمونيا NH_4 الصالحة فى التربة.



شكل (5-4): النموذج المتوقع لتوضيح العوامل التى تتحكم فى تأثير النيتروجين على استهلاك الميثان بواسطة أراضى الغابات.

موازنة وترشيد استخدام الأسمدة الأزوتية

ذكر عدد من العلماء أهمية الموازنة بين المدخلات والمخرجات للأسمدة الآزوتية شكل (6-4) والتى تتطلب معرفة نوع المحصـــول والأرض والمنـــاخ وحالة الجو وطريقة إضافة السماد ونوعه وكميته وطريقة الرى وكميـــــة ميـــاه الرى ونوعيتها. لذلك يجب تقديم وتطبيـــــق الدراســـات والـــبرامج الارشـــادية المتكاملة لاستخدام الأسمدة الآزوتية. وكما يتضح من الشكل (6-4) الذى يبيـــن العلاقة بيـــن معدل إضافة الآزوت والمحصول الناتج ومعدل الإضافة الأمثـــل. وبذلك يمكن توفير كميات كبيرة من الأسمدة النيتروجينية فى المتوسط بحوالـــى 50% من إجمالى الأسمدة المستخدمة والمحافظة على المنتج الغذائـــى وعلـــى البيئة من التلوث.



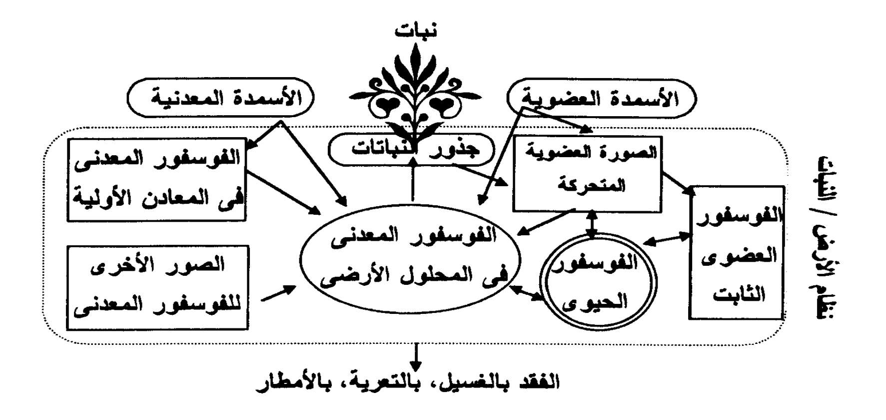
شكل (6-4): العلاقة بين معدل إضافة الآزوت والمحصول الناتج والمعدل الأمثل للإضافة.

ثانيا: الأسمدة الفوسفاتية Phosphorus fertilizers

الفوسفور: Phosphorus

إن محتوى التربة من الفوسفور يصل إلى 100 – 3000 ملليجرام/كجم تربة. ومعظم هذه الكمية تكون فى صورة مركبات أرثوفوسفاتية. ونسبة تتراوح من 30 – 65% تكون فى صورة عضوية (Harrison 1987) من الفوسفور الكلى.

ويعد المحلول الأرضى فى الأراضى الزراعية هو مصدر الإمداد لجذور النباتات من الفوسفور ويحتوى على ما بين 0.01 – 0.3 ملليجرام فوسفور/لتر. وكمية الفوسفور الموجودة فى المحلول الأرضى تمثل جزء صغيرا من احتياجات النبات، والباقى يتم الحصول عليه من الطور الصلب بواسطة العمليات الحيوية وغير الحيوية. وهذه العمليات تشمل تحولات الفوسفور وترسيبه وإذابته وادمصاصه وامتصاصه التى تتحكم فى تحولاته بين الطور الصلب والسائل وعملية التمثيل Immobilization، المعدنة Mineralization كما يتضح من خلال دورة الفوسفور فى الأرض فى شكل (7–4)، ويتأثر تحويل الفوسفور العضوى إلى معدنى بعدة عوامل منها نسبة الكربون إلى الفوسفور فى المادة العضوية C/P، والنشاط الميكروبى للكائنات الدقيقة وpH التربة كمية الفوسفور العضوى ودرجة الحرارة والرطوبة والتهوية.



شكل (7-4) دورة الفوسفور فى الأرض

والفوسفور عديم الحركة فى الأراضى القلوية والمتعادلة، ويكون على صورة فوسفات كالسيوم، ويتحرك الفوسفات ويترسب بسرعة فى صورة فوسفات ثنائى الكالسيوم أو فوسفات الكالسيوم الرباعى، ويرتبط تثبيت الفوسفور بالطبقة السطحية للتربة بنسبة $CaCO_3$ ونسبة الطين.

ومركبات الفوسفات ثابتة من الناحية الكيميائية ويبقى أثرها فى التربة زمنا طويلا ولا يمكن التخلص منها بسهولة، ولا يشكل غسيل الفوسفات أى مشكلة (ما عدا فى حالة الأراضى الرملية الفقيرة) إلا أنه يمكن حدوث فقد كبير فى الفوسفات عن طريق التعرية بالرياح أو الماء وعندما يصل الفوسفات إلى المجارى المائية فإنها يمكن أن تؤدى إلى التلوث.

ومعظم خام الفوسفات ذات أصل رسوبى، ويستخدم هذا لتحضير الأسمدة الفوسفاتية المختلفة. ويحتوى خام الفوسفات على شوائب كثيرة مثل الكادميوم والذى تختلف كميته حسب مصدر الفوسفات. وكما يتضح من جدولى (4-10)، (4-11) فأن محتوى الكادميوم قد يصل فى السماد إلى 170 ملليجرام/كجم، والرصاص فى السوبر فوسفات المصرى 450 ملليجرام/كجم، والزنك كما ذكر فى الأسمدة الفوسفاتية تركيزه 1450 ملليجرام/كجم.

وقد وقامت الدول بتحديد كميات الكادميوم التى يجب ألا يزيد عنها المحتوى فى التربة وهى ما بين 1 – 3 ملليجرام كادميوم/كجم تربة، مما يؤدى إلى منع استخدام صخر الفوسفات ذى المحتوى المرتفع من الكادميوم فى تصنيع الأسمدة الفوسفاتية.

ومحتوى الفوسفور فى الطبقة السطحية أعلى من الطبقة تحت السطحية. ويتناسب محتوى الفوسفور تناسبا طرديا مع الجزء الناعم من مكونات الطور الصلب فى التربة. ومحتوى الفوسفور فى الأراضى المصرية يتراوح ما بين 400 – 1200 ملليجرام/كجم تربة.

أهم العوامل التى تؤثر على صلاحية الفوسفور فى التربة:

1- كمية الطين فى الأرض.
2- نوع معدن الطين السائد.
3- طريقة إضافة السماد.
4- كمية السماد المضافة.
5- رقم pH التربة.
6- كمية المادة العضوية.
7- النشاط الميكروبى للكائنات الدقيقة.
8- C/P نسبة الكربون إلى الفوسفور فى المادة العضوية.
9- نسبة السليكون إلى أكاسيد الحديد والألومنيوم.
10- الظروف الجوية (الحرارة – الرطوبة ...).
11- حالة التهوية فى التربة.
12- حالة الصرف فى التربة.

جدول (10-4): محتوى العناصر الثقيلة ملليجرام/كجم فى الأسمدة الفوسفاتية والفوسفوريت.

العنصر	سوبر فوسفات (إنتاج مصر) (49)	الأسمدة الفوسفاتية (70)	الفوسفوريت (100)	(40)
As	-	1,200-2	188-0.4	30
B	-	115-5	33-3	50<
Ba	-	200<	1,000-1	100
Be	-	-	10-1	0.5<
Cd	4.5-2.6	[554] (188) 170 - 7	10-1	[399] (75) 35 -0.01
Ce	-	20	85-9	100
Co	3.8-1.8	10-1	12-0.6	5-3<
Cr	32-26	245-66	1,600-7	1,000-2
Cu	28-19	300-1	394-0.6	100
F	-	15,500-8,500	-	31,000
Hg	0.08-0.05	0.12-0.1	1,000-10	0.2
I	-	-	280-0.2	280-0.8
La	-	-	130-7	-
Li	-	-	10-1	-
Mn	-	2,000-40	10,000-1	30
Mo	18-10	60-0.1	138-1	0.03
Ni	-	32-7	30-2	1,000-2<
Pb	450-200	225-7	100-1<	14-2
Sb	-	-	10-1	7-0.2
Se	-	0.5<	10-1	-
Sn	-	4-3	15-10	0.2
Sr	-	500-25	2,000-1,800	1,000
Ti	-	-	3,000-100	600
U	-		1,300-8	90
V	-	180-2	500-20	300
Zn	180-110	1,450-50	345-4	300
Zr	-	50	800-10	30

تقدر كمية الفوسفور التى تنقل موسميا إلى المحيطات بواسطة الأنهار فى العالم بحوالى 20 مليون طن فوسفور.

وجدير بالذكر أن كمية صخر الفوسفات المخزون فى العالم تصل إلــى 13 بليون طــن فوسفور، وحوالى 8.5 مليون طن منه صالح للاســتخدام فــى صناعة الأسمدة الفوسفاتية. وهذه الكمية كافية لصناعــة الأســمدة الفوســفاتية. الإنتاج للأسمدة الفوسفاتية يتركز فى أمريكا، أفريقيا (مصر – المغرب – تونـس – جنوب أفريقيا) جدول (4-10). كما أن استهلاك الأسمدة الفوسفاتية يزداد فــى مصر سنويا كما يتضح مـــن جدول (4-2).

الأسمدة الفوسفاتية وتلوث التربة بالعناصر الثقيلة:

أهم الأضرار الناتجة عن الأسمدة الفوســفاتية تكــون نتيجــة تراكـــم العناصر الثقيلة فى التربة. وخاصة أن محتويات العناصر الثقيلة فــى الأســمدة الفوسفاتية تختلف باختلاف مصدر صخر الفوسفات جدول (4-11).

وقد وجد أن محتوى الكادميوم فى الأسمدة الفوسفاتية يتراوح مـــا بيــن 0.9 – 380 ملليجرام/كجم فوسفور، وإنتاج الفوسفور الحامضى يحتوى كذلـــك على اليورانيوم بتركيز يتراوح من 24 – 25 ملليجرام/كجم تربة.

فقد الفوسفور من التربة:

وفقد الفوسفور من الأرض الزراعية يعــود إلــى محتــوى الفوســفور الصالح فى الأرض نتيجة استمرار الإضافة لمدة طويلة للأســـمدة الفوســفاتية. وكمية الفوسفور المفقودة بالغسيل من التربة قليلة جدا وفى المتوسط تتراوح مــن 0.3 – 7.4% من الكمية المضافة حيث يترسب الفوسفور مباشرة بعد إضافتــه، كما هو فى شكل (4-8).

شكل (8-4): نسبة الفوسفور الصالح من الفوسفور الكلى المضاف مع الزمن.

جدول (11-4): الفوسفور والكادميوم فى صخور الفوسفات.[88]

نوع الصخر	الفوسفور %	الكادميوم مليجرام/كجم صخر	الكادميوم مليجرام/كجم فوسفور
أصول بركانية:			
كولا – الاتحاد السوفيتى	17.2	0.15	0.9
بالفوس – جنوب افريقيا	17.2	0.15	0.9
أصول رسوبية:			
بوكرا – المغرب	15.9	35	220
توجو	15.7	55	350
اليوسفية – المغرب	14.6	40	274
الأردن	14.6	5	34
خليج تكساس – الولايات المتحدة	14.4	40	278
فلوريدا – الولايات المتحدة	14.4	8	56
النجف – فلسطين	14.2	20	140
خوريبجا – المغرب	14.2	16	113
قنيقص – سوريا	13.9	6	43
جفصة – تونس	13.2	50	380

جدول (12-4): أهم مكونات الجبس الفوسفورى فى عديد من الدول (% للمادة الجافة).

المركب	القطر					
	جبس التعدين [30]	أمريكا (فلوريدا)	السويد [29]	اليابان [26]	العراق [37]	استراليا [22]
CaO	34.70-31.20	31.10-25.10	32.10	30.40	32.90	32.90-30.30
SO_3	46.70-44.20	42.00-31.90	45.20	34.50	44.90	45.20-43.00
SiO_2	2.50-0.10	17.70-3.20	0.40	4.05	0.45	5.00-0.01
Al_2O_3	0.13-0.01	0.57-0.19	-	0.11	1.05	0.03-0.01
Fe_2O_3	0.31-0.04	0.14-0.00	0.02	0.04	0.40	0.06-0.01
MgO	0.70-0.03	0.20-0.00	0.01	0.01	0.46	0.04-0.01
Na_2O	-	0.61-0.02	0.10	0.08	-	0.35-0.03
K_2O	-	0.01-0.00	0.03	0.16	-	0.05-0.01
F	-	0.80-0.20	0.20	0.24	0.60	1.30-0.82
P_2O_5	-	0.73-0.50	0.30	0.29	0.18	0.80-0.28
Crystalline H_2O	20.20-15.90	18.80-14.40	19.30	19.00	19.20	20.60-19.20

وقد يضاف الجبس الفوسفورى كمحسن للتربة وهو عبارة عن جبس $CaSO_4.2H_2O$ مع كمية صغيرة من صخر الفوسفات والرمل والطين. وكما يتضح من جدول (12-4) والخاص بمكونات الجبس الفوسفورى فى العديد من الدول، والجبس الفوسفورى شديد الحموضة حيث إن رقم pH له فى الماء يتراوح من 2 إلى < 5 وبالتالى يكون له أثر على صلاحية وتيسير العناصر الثقيلة فى الأرض بالإضافة إلى ما يضيفه هو من عناصر.

الفصل الخامس

* التلوث بالنفايات الصناعية
* مخلفات الصرف الصحى



الفصل الخامس

التلوث بالنفايات الصناعية

Industrial wastes pollution

أولاً: تلوث التربة بالنفايات الصناعية:

Industrial wastes pollution in soil

من المعلوم أن كل ما يتخلف من الصناعة يعود إلى التربة سواء بطريقة مباشرة باستخدام هذه المخلفات أو التخلص منها فى المجارى المائية أو بطريقة غير مباشرة عن طريق نواتج الاحتراق والغازات الناتجة من المصانع كما فى (شكل 1-5). والذى يوضح محتوى العناصر الثقيلة فى النفايات الصناعية.

ففى العديد من الدراسات على المستوى المحلى والعالمى وجد أن هناك ارتفاعاً فى تركيز العناصر الثقيلة فى الغبار الجوى وفى التربة وفى المياه الجوفية فى المناطق المجاورة للمصانع.

وقد لاحظ أبو النجا وآخرون فى دراسة حديثة (1999) فى نطاق مدينة حلوان جنوب القاهرة تضاعف تركيز العناصر الثقيلة فى الطبقة السطحية من التربة يصل إلى 16 ضعفاً للرصاص والكادميوم، 5 أضعاف للزنك والنحاس والمنجنيز.

وكما يتضح من الشكل (2-5) فأن المنتجات الصناعية ومخلفاتها تعود إما إلى الهواء أو مخلفات الصرف أو المخلفات الصلبة بالإضافة إلى المنتج من الأسمدة الكيماوية فضلاً عن مخلفات الوقود فى الهواء، وكل ذلك يرسل إلى

التربة ثم يمتص جزء منه بواسطة النبات. كذلك تصل الملوثات إلى الإنســان أو الحيوان بالغذاء على هذا النبات أو التنفس من الهواء الملوث.

جدول (1-5): مصادر العناصر الثقيلة فى المخلفات الصناعية.

نوع الصناعة / نوع المخلفات	زرنيخ	أنتيمون	باريوم	كادميوم	كروم	كوبالت	نحاس	سيانيد	بريليوم	فلوريدات	حديد	فينول	رصاص	منجنيز	زئبق	نيكل	ألومنيوم	قصدير	فضة	زنك	سيلنيوم	ثاليوم
تعدينية	*		*	*	*	*	*	*			*	*	*	*	*	*	*	*	*	*		
زجاج وسيراميك	*		*	*						*												
مدابغ	*				*		*	*			*	*	*		*				*			
مبيدات	*												*						*			
نسيج	*		*	*	*	*		*			*	*	*		*	*	*		*	*		
ورق														*						*		
بتروكيماويات	*	*			*		*	*			*	*	*		*					*	*	*
مطاط				*				*						*						*		
طلاء بالكهرباء			*	*			*			*	*					*		*	*	*	*	
طباعة		*		*	*		*	*	*				*		*				*	*		
كيماويات غير عضوية				*	*		*			*										*		
بطاريات													*							*		

جدول (2-5): تركيز العناصر الثقيلة ملليجرام/كجم فـــى الطبقـــة الســطحية للأرض بمدينة حلوان جنوب القاهرة.[30]

العنصر	الأرض الغير ملوثة	الأرض الملوثة
Cd	1.16	15.5
Co	16.5	142.0
Pb	19.9	328
Cu	57.2	282
Zn	214	995
Mn	516	2146
Fe	10531	33634

جدول (5-3a): تركيز الزئبق المتراكم فى التربة نتيجة مخلفات الهواء الجـوى الناتجة عن عدة مواقع بغرب الدلتا (مصر).[52]

المسافة من مصدر التلوث (كم)	الزئبق ميكروجرام × 10^{-3}/م^{3}.يوم		
	كفر الزيات **(b)	أبو قير *(a)	المكس *(a)
1	1110	1215	3060
2	990	1060	2570
3	840	960	2150
4	580	880	1770
5	520	830	1350
10	170	420	490
15	47	130	320
20	24	70	220

*(a) اتجاه الجنوب الشرقى.

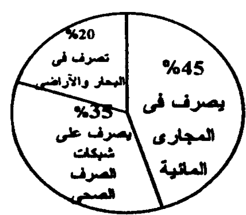
**(b) اتجاه الجنوب الغربى

جدول رقم (5-3b): كمية مياه الصرف الصناعى التى تلقى فى المصارف.[5]

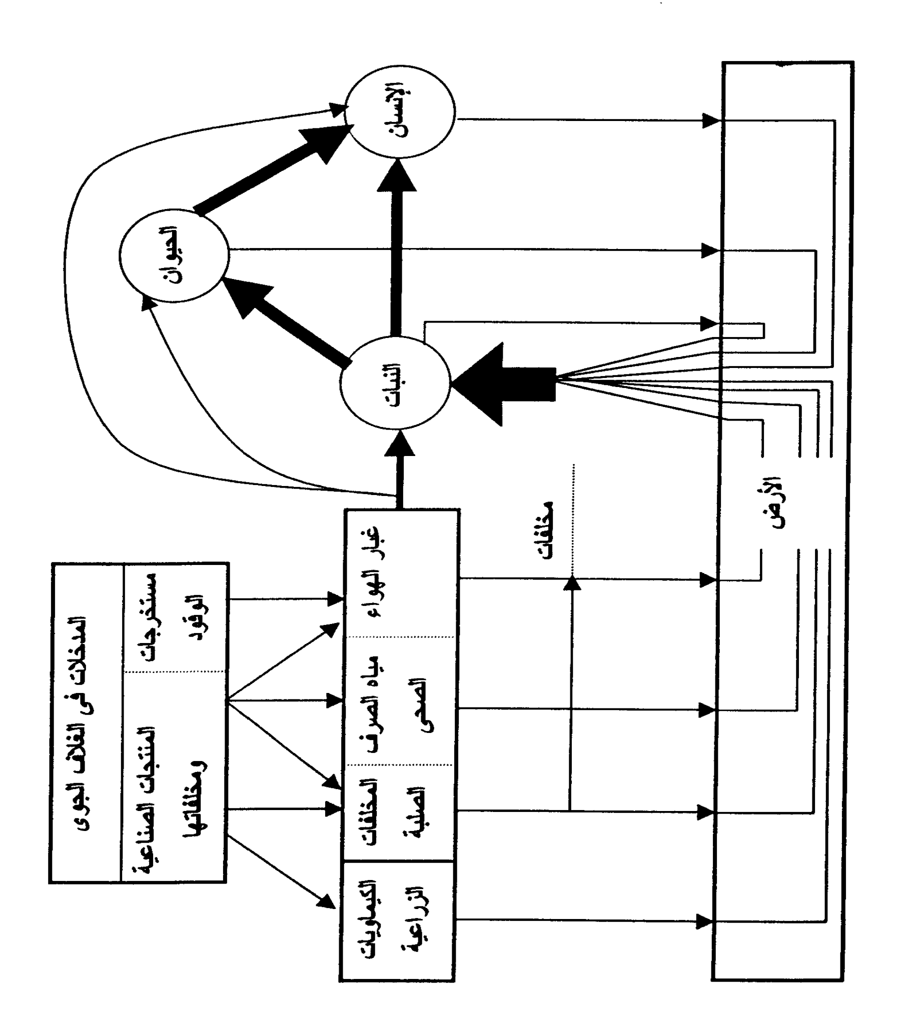
مستقبل الصرف	كمية المياه مليون م^3/عام	% من الإجمالى
النيل والترع	400	50
المصارف الزراعية	200	25
الآبار الجوفية	80	10
البحار	20	2.5
شبكات المدن	100	12.5
إجمالى المنصرف	800	100

جامعة الدول العربيــة، الإدارة العامــة للشــئون الاقتصاديــة تقريــر وتوصيات لجنة تسيير برنامج مكافحة التلوث الصناعى والوطن العربى 1992.

وقد أصبح التلوث الناتج عن الصناعة والمصانع التى لا تعالج الملوثات الناتجة عنها يرى أثره فى التربة والنبات، والمجارى المائية والمياه الجوفيــة، والهواء للغائب والحاضر. ويختلف تركيز العنصر فى التربة على حسب نوعية المصنع والعنصر الذى تحت الدراسة والمنطقة التى أخذت منها العينة من حيث القرب أو البعد من المصنع.



شكل رقم (1-5): يوضح التوزيع النسبى لصرف المخلفات الصناعية السائلة بالمسطحات المائية وشبكات الصرف الصحى



شكل (2-5): دورة العناصر الثقيلة فى التجمعات الصناعية

مخلفات الصرف الصحى

مخلفات الصرف الصحى الصلبة والسائلة تحتوى على تركيزات عالية من العناصر الثقيلة بالإضافة إلى النيتروجين والفوسفور والبوتاسيوم والمادة العضوية والميكروبات. وبالطبع يختلف تركيب مخلفات الصرف الصحى من منطقة إلى أخرى ويتوقف على الكثافة السكانية – العادات الغذائية للسكان – والنشاط الصناعى.

ومخلفات الصرف الصحى تتزايد عاماً بعد عام بمعدلات مرتفعة من جراء زيادة كميات المياه المستهلكة وزيادة عدد السكان وارتفاع مستوى المعيشة. ولم يقتصر أثر هذه المتغيرات على المحتوى الكمى فقط بل امتد إلى المحتوى النوعى، ومتوسط الكمية المتخلفة عن الفرد يومياً نحو 200 لتر. ويبلغ إجمالى كمية مياه الصرف الصحى المتولدة سنوياً فى جمهورية مصر العربية نحو 2 مليار م^3 (تختص القاهرة وحدها بنصف الكمية). وتحتوى مياه الصرف الصحى على ما لا يقل عن 10% من محتواها من المخلفات الصلبة (الحمأة).

وفى كثير من البلدان وفيها مصر يتم جمع وصرف النفايات السائلة للصرف الصحى والصناعى فى شبكة واحدة تنتهى إلى محطات المعالجة أو أماكن التخلص منها. والأسلوب الأمثل هو معالجة مياه الصرف الصناعى داخل المصانع قبل صرفها على الشبكات العمومية أو إلى المجارى المائية وغيرها.

الموقف الحالى لمياه الصرف الصحى فى مصر:

يبلغ تصرف مياه الصرف الصحى فى القاهرة حالياً 4 مليون م^3 يومياً لا تعالج معالجة جيدة إما لقصور عمليات المعالجة لضعف سعة المحطات أو أن

المعالجة جزئية مما يؤدى إلى صرف كميات ضخمة إلى المصارف دون معالجة. وعموماً فإن هذه الكميات الهائلة من المياه لا يجرى استغلالها إلا فى مزرعة الجبل الأصفر فى مساحة 5 ألاف فدان منها 50% تروى بمياه معالجة بالترسيب الإبتدائى والباقى يروى بمياه خام دون معالجة. وفى الإسكندرية تبلغ جملة التصرف حالياً مليون م^3 يومياً يتم صرف معظمها فى المصارف التى تنتهى إلى بحيرة مريوط، ولا يجرى إعادة استخدام تلك المياه فى رى أو استصلاح الأراضى. وفى باقى مدن الجمهورية تبلغ جملة مياه الصرف الصحى حوالى 3مليون م^3 يومياً بعضها يعالج معالجة إبتدائية وثانوية.

يتضح مما سبق أن أكثر من 8 مليون م^3 من مياه الصرف الصحى تصب فى المصارف دون تنقية تقريبا. مما يزيد من مشاكل التلوث.

خصائص وطبيعة مخلفات الصرف الصحى:

إن مصدر مياه الصرف الصحى يؤثر تأثيرا مباشرا على خواصها المختلفة، من أهم هذه الخصائص ما يلى:

1- الخواص الفيزيائية:

أ- العكارة:

وهى ناتجة عن وجود الغرويات العالقة فى مياه الصرف الصحى وهى تصلح كمؤشر للمواد الصلبة غير الذائبة.

ب- اللون:

يعطى اللون دلالة أولية عن مدى التحلل ونسبة الطحالب الخضراء التى تسبب بعض المشاكل فى بعض نظم الرى.

جـ- الرائحة:

ترتبط الرائحة بشكل أو بآخر بنوع وطريقة المعالجة، وتصبح الرائحة ذات أهمية ملموسة عند استخدام مياه الصرف الصحى فى رى أراضى محاطة بكتلة سكنية.

د- درجة الحرارة:

وهى تؤثر على معظم متغيرات مياه الصرف الصحى، وتؤثر على معدل النمو الحيوى.

2- الخواص الكيميائية:

أ- المواد الصلبة:

تبلغ نسبة المواد الصلبة حوالى 10% وتلعب دوراً أساسياً فى نوعية المياه وكيفية استخدامها وعند تصميم وتنفيذ نظم المعالجة.

ب- pH:

يتوقف على نوعية المصانع التى تصرف على نفس الشبكة التى يتم تجميع مخلفات الصرف الصحى فيها، وقد أوضحت نتائج التحليل أنها تتراوح من 6.5 – 8.5.

جـ- الأكسجين الحيوى والكيماوى:

الأكسجين الحيوى المستهلك BOD، والأكسجين الكيماوى المستهلك COD، من أهم مؤشرات تركيز المواد العضوية فى مياه الصرف الصحى، ويعبران عن كميات الأكسجين التى تحتاجها المياه حتى يتم أكسدة جميع المواد الذائبة سواء بطريقة حيوية أو بطريقة كيميائية وتستخدم فيه الأكسجين الحيوى والكيماوى كمؤشرات للحكم على مدى تلوث مياه الصرف الصحى وعلى كفاءة عمليات المعالجة.

د- تركيز الأملاح ونوعيتها:

تركيز الأملاح فى مياه الصرف الصحى فى معظم المناطق يكون منخفضاً ويتراوح من 400 إلى 1200 ملليجرام /لتر. وكذلك نوعية الأملاح بينها توازن، ونسبة الصوديوم المدمص (قيمة SAR) تتراوح من 2 – 5 (ملليمكافى/لتر)$^{1/2}$ أى تقع فى قسم S_1 طبقاً للتقسيم الأمريكى للمياه وبالتالى فإن استخدامها فى الرى لا يؤدى إلى ارتفاع معنوى للصوديوم فى القطاع الأرضى.

هـ- محتوى النيتروجين والفوسفور والبوتاسيوم. يتوقف المحتوى على طريقة المعالجة كما هو موضح فى جدول (5–5) وفى المتوسط يتراوح محتوى النيتروجين من 1.8 – 4.8%.

و- محتوى العناصر الثقيلة:

ذكر السكرى عام 1993 أن محتوى العناصر الثقيلة فى مخلفات الصرف الصحى الصلبة المنتجة فى مصر تتراوح فى الحدود التالية:

العنصر	التركيز ملليجرام/كجم مادة جافة
As	8.2-1.8
Cd	4.7-2.5
Cr	5000-152
Cu	610-205
Hg	2.4-1.3
Ni	104-43
Pb	450-200
Zn	1900-1200

ومحتوى العناصر الثقيلة فى مخلفات الصرف الصحــــى فـــى حلـــوان موضحة فى جدول (4-5)، وكذلك وجد طاحون وعبد البارى ســـنة 1997 أن محتوى العناصر الثقيلة فى مياه الصرف الصحى بالزقازيق منخفض بالمقارنـــة بالمحتوى فى مدينة القاهرة الكبرى وأقل من المحتوى الموجود فـــى جـــدول (4-5).

جدول رقم (4-5): محتوى العناصر الثقيلة فى مخلفـــات الصـــرف الصحـــى الصلبة والسائلة فى حلوان جمهورية مصر العربية.

العنصر	المخلفات الصلبة (الحمأة) ملليجرام/كجم			المخلفات السائلة ملليجرام/لتر
	المحتوى الكلى	استخلاص $0.5N\ HNO_3$	استخلاص DTPA	
Fe	6302	316	43	2.73
Mn	367	80	13	0.28
Zn	1607	155	50	0.37
Cu	168	18	8	0.04
Cd	26	6	0.9	0.05
Co	25	6	0.6	0.09
Ni	108	32	3	0.27
Pb	332	12	6	0.35
Cr	187	24	5	0.25

جدول رقم (5-5): محتوى النيتروجين فى مخلفات الصرف الصحى الصلبة.

صورة النيتروجين	طريق المعالجة (الهضم)	المدى	المتوسط
النيتروجين الكلى %	لا هوائى	17.6 – 0.5	4.2
	هوائى	7.6 – 0.5	4.8
	طرق أخرى	10.0 – 0.1	1.8
الأمونيوم ملليجرام/كجم	لا هوائى	67600 – 120	1600
	هوائى	11300 – 30	400
	طرق أخرى		80
النترات ملليجرام/كجم	لا هوائى	17.6 – 0.5	80
	هوائى	7.6 – 0.5	79
	طرق أخرى	10.0 – 0.1	180

3- الخواص البيولوجية:

تزداد كمية الكائنات الحية الدقيقة فى مياه الصرف الصحى حيث تحتوى على مجموعة متباينة من الطفيليات المعوية مثل البلهارسيا – الاسكارس – الانكلستوما ومجموعة من البكتيريا والفيروسات التى تسبب كثيراً من الأمراض المعدية مثل الإسهال والتيفود والدوسنتاريا والتهاب الكبد الوبائى.

معالجة مياه الصرف الصحى:

تتعرض مياه الصرف الصحى فى محطات المعالجة إلى عدة خطـــوات تهدف إلى تخليصها من الملوثات حتى يمكـــن اســـتخدامها أو التخلـــص منـــها بطريـــقة آمنة لا تضر البيئة. تشتمل المعالجة على ثلاث مســـتويات، معالجـــة أولية ومعالجة ثانوية ومعالجة ثلاثية.

المعالجة الأولية

وتبدأ بإمرار المياه على شبكات من المعدن تحجز المواد الكبيرة مثـــــل الورق والخشب والصفيح والزلط وما شابه ذلك من مواد يتحتم إزالتها من المياه قبل معالجتها. وتنقل المياه بعد ذلك إلى أحواض الترسيب الأوليـــة حتـــى يتـــم ترسيب المواد العالقة إلى القاع وتطفو على السطح المواد الخفيفـــة كالشـــحوم. يجرى كشط المواد الطافية وتصفية المياه إلى أحواض أخرى والمحافظة علـــى الرواسب فى قاع أحواض الترسيب الأولية. وقد تضاف بعـــض المـــواد إلـــى أحواض الترسيب مثل مركبات الكالسيوم لرفع كفاءة ترسيب المواد العضويـــــة العالقة.

المعالجة الثانوية

وفى هذه المرحلة يتم تحويل المواد العضوية المتبقية إلى مواد معدنيـــة بسيطة بفعل البكتيريا (عملية المعدنة)، وذلك من خلال تهيئة أحواض المعالجـــة لنشاط البكتيريا من خلال توفير الأكسجين اللازم. ويتخلف عن مرحلة المعالجة سائل رائق لحد ما وراسب يعرف بالحمأة الثانوية يحتوى على الكائنات الحيـــة الدقيقة وبقايا المواد العضوية المتحللة.

المعالجة الثلاثية

تعالج المياه الناتجة من المعالجة الثانوية بإضافة بعض المواد الكيميائيـة للتخلص من المكونات غير المرغوب فيها ويتوقف نوع المادة المضافة علـــــى

كمية ونوعية المواد المراد التخلص منها، فقد يضاف الفحم أو يتم التخلص من هذه المواد بطريقة الفصل الغشائى أو التقطير او المعالجة البيولوجية.

وتقسم مخلفات الصرف الصحى الصلبة (الحمأة) إلى ثلاث مستويات حسب درجة الأمان فى استخداماتها الزراعية (جدول 9-5) ويشمل المستوى الأول الحمأة الناتجة من نظم معالجة مياه صرف صحى خالية من مياه الصرف الصناعى. ويمكن استخدام هذه النوعية بأمان فى زراعة معظم المحاصيل مع الرصد البيئى السنوى. والمستوى الثانى الحمأة الناتجة من نظم معالجة مياه صرف صحى بها مستوى متواضع إلى متوسط من مياه الصرف الصناعى. وهذه النوعية تستخدم طبقا لنتائج تحاليل الأرض والحمأة ونوع المحصول المنزرع. المستوى الثالث وهى الحمأة الناتجة من نظم معالجة مياه صرف صحى مخلوط بغزارة بمياه صرف صناعى. وقد يمكن فى بعض الأحيان استخدام هذه النوعية فى اطار احتياجات بيئية مشددة مع الرصد الدورى للمياه الجوفية فى المنطقة والنباتات والأرض.

ويمكن حساب التراكم السنوى والعمرى للعناصر الثقيلة من عامل التجميع للعنصر وهو 100، 50، 25، 10 لكل من Pb، Zn، Cu، Ni على التوالى. ويجرى الحساب بإيجاد حاصل ضرب عامل التجميع للعنصر مع السعة التبادلية للأرض المراد إضافة الحمأة لها. والناتج عبارة عن الحد الأقصى الذى يمكن إضافته من العنصر للأرض طوال فترة استخدامها كمستقبل للحمأة ومياه الصرف الصحى. ويقسم الناتج على 20 عام فنحصل على المعدل السنوى من العنصر الذى يسمح باستخدامه فى هذه التربة سنويا.

جدول رقم (6-5): تركيز العناصر الثقيلة ملليجرام/كجم مادة جافة فى مخلفات الصرف الصحى الصلبة.[82]

العنصر	المدى المتوقع		
	الحد الأدنى	الحد الأعلى	المتوسط
As	1.1	230	10
Cd	1.0	3,410	10
Co	11.3	2490	30
Cu	84	17,000	800
Cr	10	99,000	500
F	80	33,000	260
Fe	1,000	154,000	17,000
Hg	0.6	56	6
Mn	32	9,870	260
Mo	0.1	214	4
Ni	2.0	5,300	80
Pb	13	26,000	500
Sn	2.6	329	14
Se	1.7	17.2	5
Zn	101.0	49,000	1700

جدول رقم (7-5): تركيز بعض العناصر الثقيلة فى مخلفات الصرف الصحى الصلبة (الحمأة) فى أمريكا (ملليجرام/كجم مادة جافة).

العنصر	حصر عام 1995 [80]		
	المدى	المتوسط	أقصى قيم مقترحة للحماة النظيفة [42]
As	315.6-0.3	6	100
Cd	8220-0.7	7	18
Cr	3750-2.0	40	2000
Cu	3120-6.8	463	1200
Hg	47.0-0.2	4	15
Mo	67.9-2.0	11	35
Ni	976-2.0	29	500
Pb	1670-9.4	106	300
Se	70.0-0.5	5	32
Zn	68.000-37.8	725	2700

ومن العوامل المحددة لاستخدام الحمأة ومياه الصرف الصحى فى الزراعة هو المحتوى الميكروبى. ويمكن التخلص من الميكروبات خلال عمليات المعالجة (الهضم اللاهوائى) والتجفيف الهوائى والهضم الهوائى والتكمير وإضافة الجير)، وفى أغلب الأحيان تقتل أشعة الشمس ما قد يتبقى من الميكروبات المرضية فى الحمأة أثناء فرشها فوق سطح الأرض.

جدول (8-5): الحد الأقصى لتركيز العناصر الثقيلة فى مخلفات الصـــــرف الصحى الصلبة (الحمأة) أو فى المخلفات العضوية.

العنصر	الحمأة (ألمانيا)	المخلفات العضوية (إيطاليا)
As	-	10
Cd	20	10
Cr	1200	500
Co	-	-
Cu	1200	600
Pb	1200	500
Hg	25	10
Mo	-	-
Ni	200	200
Zn	3000	2500

جدول (9-5): فئات الحمأة طبقاً للتركيب الكيماوى ملليجرام/كجم مادة جافة.

العنصر	درجة أولى	درجة ثانية	درجة ثالثة
Cd	5	125-5	125
Cr	50	-50	5000
Cu	250	2000-250	2000
Pb	250	2000-250	2000
Hg	2	10-2	10
Ni	25	1000-25	1000
Zn	750	5000-750	5000
Se	10	80-10	80
Mo	10	50-10	200

جدول (10-5): الحد الأقصى لمحتوى العناصر الثقيلة ملليجرام/كجم في مخلفات الصرف الصحى الصلبة (الحمأة) الجافة عند استخدامها فى الزراعة. [90a]

القطر	تركيز العنصر ملليجرام/كجم مادة جافة								
	Co	Ni	As	Cu	Zn	Pb	Cr	Cd	Hg
أمريكا	–	150	–	750	1500	500	500	50	–
فرنسا	20	100	–	1500	3000	300	200	15	8
المانيا	–	200	–	1200	3000	1200	1200	20	20
استراليا	–	–	100	500	2000	100	–	–	10
النمسا	–	100	–	500	2000	100	–	–	10
هولندا	–	50	–	500	2000	500	500	10	10
سويسرا	100	200	–	100	3000	1000	1000	30	10
كندا	150	180	75	–	1850	500	–	20	5

ولا ينصح باستخدام المخلفات لمحاصيل يتغذى عليها الإنسان في التسميد عندما تحتوى على Cd أكثر من 25 ملليجرام/كجم.

جدول (11-5): الحد الأقصى لمحتوى العناصر الثقيلة ملليجرام/كجم في مخلفات الصرف الصحي الثقيلة الصلبة (الحمأة) الجافة عند استخدامها في الزراعة وفقاً لقيمة السعة التبادلية للتربة.

العنصر	السعة التبادلية للتربة ملليجرام/100 جم		
	5-0	15-6	15 <
Cd	5	10	20
Cr	125	250	500
Ni	50	100	200
Pb	500	1000	2000
Zn	250	500	1000

ومن الآثار السلبية الناتجة من استخدام مياه الصرف الصحي في الزراعة ارتفاع نسبة النترات في البئر الجوفي. فقد وجد أن استخدام مياه الصرف الصحي في مزرعة أبو رواش بالجيزة لمدة أربع سنوات أدى إلى زيادة محتوى النترات في المياه الجوفية من آثار إلى 30 ملليجرام/لتر، ويتضح من الجدول (12-5) تأثير التلوث من مخلفات مصنع 81 الحربي على تركيز العناصر الثقيلة في التربة على مسافات مختلفة من المصنع. حيث يتضح أن تركيز العناصر يتناسب تناسباً طردياً مع موقع أخذ العينة وموقع المصنع. فكلما أزدادنا اقترابا من المصنع كلما زاد تركيز العناصر دون استثناء.

جدول (12-5): تركيز العناصر الثقيلة فى التربة ملليجرام/كجم على مسافات مختلفة من مصنع 81 الحربى.[30]

المسافة عن مصدر التلوث بالمتر	تركيز العناصر ملليجرام/كجم تربة			
	Fe	Mn	Zn	Cu
صفر	330	62	340	38
50	310	70	385	25
100	320	79	350	25
150	295	88	315	18
200	310	82	294	19
250	274	61	218	12
300	250	49	173	9
350	250	45	158	6

أهم العوامل التى تحدد معدلات إضافة المخلفات وهى على النحو التالى:

1- المحتوى الكلى من العناصر الثقيلة فى التربة.
2- الكميات الكلية من العنصر المضاف بالنسبة للعناصر الأخرى.
3- الحمل التراكمى الكلى للعناصر الثقيلة.
4- أقصى حد مسموح به من العناصر الثقيلة.
5- قيمة معامل التسميد لكل عنصر بالنسبة للنباتات النامية.
6- النسب بين العناصر المتداخلة (الأثر المتبادل والتنافسى).
7- خواص الأرض الطبيعية والكيميائية.
8- نوع النبات.
9- الموازنة بين المدخلات والمخرجات فى البيئة المحلية.
10- طريقة ودرجة معالجة الحمأة.

تلوث التربة بمخلفات الصرف الصحى:

تناول عديد من الباحثين أثر استخدام مياه الصرف الصحى المعالجة معالجة أولية أو ثانوية على الصفات الطبيعية والكيميائية للأرض وقد وجد **عبد البارى سنة 1990** أن استخدام مياه الصرف الصحى المعالجة معالجة ثانوية لمدة طويلة تصل إلى 25 عاماً فى رى الأراضى التشرنوزيم قد أدى إلى زيادة محتوى المادة العضوية مع الرى مقارنة بالكنترول (أراضى بدون رى) وذلك فى الطبقة صفر 60 سم، وزادت نسبة حمض الفلفيك فى مكونات المادة العضوية. ولم يحدث تغير واضح فى محتوى الصوديوم المتبادل، فى حين أن تركيز العناصر الثقيلة فى التربة قد ارتفع مع الرى بمياه الصرف الصحى ولكن أقل كثيراً من المعدل المسموح به.

ومن ذلك يتضح أن استخدام مياه الصرف الصحى المعالجة معالجة ثانوية لمدة 25 عام فى رى الأراضى التشرنوزيم قد أدى إلى تحسن خواص الأرض ولم يؤثر على الصفات الوراثية مقارنة بالأراضى التى لم يتم ريها كما أدى إلى رفع إنتاجية محصول البسلة والشوفان.

وذكر كذلك **عبد البارى والأشقر عام 1998** أن استخدام مياه الصرف غير المعالجة فى رى الأراضى الرملية الطبيعية لمد 13 عام أدى إلى تراكم العناصر الثقيلة فى الطبقة السطحية مقارنة بالأراضى التى تروى بمياه النيل أو الآبار ولكن محتوى العناصر الثقيلة فى المياه والتربة والنبات.

لكن السؤال المطروح إلى أين تذهب مياه الصرف الصحى فى المدن المختلفة إلى البحر أم إلى البر؟.

لذا نوصى فى ظل الحاجة الشديدة للمياه، والرغبة الملحة فى المحافظة على البيئة النظيفة ألا ننظر إلى التكلفة فى معالجة مياه الصرف الصحى الناتجة

من المدن، وأن نلزم أصحاب المصانع بمعالجة مخلفات المصـــانع قبل التخلص منها.(*)

أهم العوامل التى تؤثر على تلوث الأراضـــى الزراعيـــة بمخلفـــات الصـــرف الصحى:

1- تحليل المياه الكيميائى (محتوى العناصر الثقيلة - محتـــوى النيـــتروجين - المحتوى البيولوجى ...).

2- نوع التربة والصفات الطبيعية.

3- درجة المعالجة أو التنقية لهذه المياه.

4- مناخ المنطقة.

5- نوع النبات.

6- طريقة وكمية مياه الرى.

7- كمية المياه التى تصرف مباشرة إلى الأرض.

8- انتشار الميكروبات بين الكائنات الحية الأخرى فى النظام البيئى بما فى ذلك الإنسان.

مخلفات الصرف الصحى وتلوث النباتات:

يتضح من عديد من الدراسات أن استخدام مخلفات الصرف الصحى قـد أدى إلى ارتفاع محتوى النبات من العناصر الثقيلة، كما أدى إلى رفع محتـــوى النترات فى أنسجة النبات. بالإضافة إلى التلوث البيولوجى والذى نحتاج بصدده

(*) راجع المقدمة مرة أخرى.

إلى مزيد من الدراسات خاصة أنه فى معظم البلدان لا تتم معالجة مياه الصرف الصحى. وفى المقابل فإن استخدام مياه الصرف الصحى يؤدى إلى تحسن إنتاجية المحاصيل المختلفة، فقد ذكر **طاحون وعبد البارى سنة 1997** أن القيمة السمادية النيتروجينية لسوائل مياه الصرف الصحى مرتفعة للغاية وتفوقت فى الإنتاج على معدل التسميد المضاف بمقدار 200 كجم نيتروجين للفدان. غير أنه من الضرورى أن تراعى الجوانب العملية التى تتعلق بمحتوى مخلفات الصرف الصحى من الكائنات الممرضة قبل التصريح باستعمالها فى الرى.

أهم المعايير اللازمة فى خصائص مياه الصرف الصحى عند إعادة استخدامها فى الزراعة:

1- التحليل الكيميائى للمياه:

الأكسجين الحيوى المستهلك BOD	أقل من 160 ملليجرام/لتر
الأكسجين الكيماوى المستهلك COD	أقل من 320 ملليجرام/لتر
المواد الصلبة العالقة	120 جزء فى المليون
المتوسط الحسابى للطفيليات	1 – 5 / لتر
نسبة الصوديوم المدمص	10 >
رقم pH	8.5 – 6.5
الكلوريد	355 > ملليجرام/لتر
الصوديوم	207 > ملليجرام/لتر

الحد الأقصى من العناصر الثقيلة ملليجرام/لتر موضح فى جدول (13-5).

جدول (13-5): الحد الأقصى من العناصر الثقيلة ملليجرام/لتر في مياه الري.[51]

العنصر	الري باستمرار في جميع أنواع الأراضي	الري لمدة لا تزيد عن 20 عام في الأراضي الخفيفة، pH 6.0 - 8.5
Al	5.0	20.0
As	0.1	2.0
Be	0.1	0.5
B	0.75	2.0
Cd	0.01	0.05
Cr	0.1	1.0
Co	0.05	5.0
Cu	0.2	5.0
F	1.0	15.0
Fe	5.0	20.0
Pb	5.0	10.0
Li	2.5	2.5
Mn	0.2	10.0
Mo	0.01	0.03
Ni	0.2	2.0
Se	0.02	0.02
V	0.1	1.0
Zn	2.0	10.0

2- تحديد نوع التربة.

3- تحديد المحاصيل التى يجب زراعتها طبقاً لنوعية المياه.

4- تحديد طريقة الرى المستخدمة.

5- مراعاة الاحتياطات البيئية لعدم انتشار الميكروبات والطفيليات الممرضة وكذلك الحشرات الناقلة للأمراض.

6- متابعة حالة المياه الجوفية ومياه الشرب.

الفصل السادس

المخلفـــات الحيــوانية



الفصل السادس

المخلفات الحيوانية

تركيب المخلفات الحيوانية:

المخلفات الحيوانية من الأسمدة العضوية الهامة حيث يتواجد فى تركيبها جميع المواد الغذائية بالنسبة للنبات ولذلك تسمى بالسماد المتكامل. وتأثير المخلفات الحيوانية فى التربة يستمر لعدة سنوات، والمخلفات الحيوانية قد تستخدم مباشرة فى المزارع الآلية وفى معظم الأحوال تستقبل على فرشة من المخلفات النباتية أو على الأرض. وتركيب السماد وقيمته تعتمد على نوع الحيوان وتركيب العلف ونوعية الفرشة وطريقة تخزين السماد.

والإفرازات الصلبة والسائلة للحيوانات غير متساوية من حيث القيمة السمادية والتركيب، ففى الإفرازات السائلة تكون كمية النيتروجين (0.4 – 1.9% N) والبوتاسيوم (0.5 – 2.3% K_2O) والفوسفور (0.1–0.7% P_2O_5) بينما فى المخلفات الصلبة (0.3 – 0.6% N)، (0.1 – 0.3% K_2O)، (0.17 – 0.41% P_2O_5) بينما يختلف تركيب المخلفات حسب نوع الفرشة (جدول 6–1) وعناصر التغذية NPK فى المخلفات السائلة تكون فى صورة ذائبة للنبات بينما عناصر التغذية فى المخلفات الصلبة تكون فى الصورة العضوية. وتصل مخلفات البقرة إلى 20 كجم/يوم، والأغنام إلى 2.5 كجم/يوم.

جدول (1-6): تركيب المخلفات للحيوانات المختلفة على فرشة القش %.[9]*

نوع المحتوى	متنوعة	أبقار	أغنام
الماء	75	77.3	64.6
المواد العضوية	21	20.3	31.8
النيتروجين الكلى	0.5	0.45	0.83
NH_4	0.15	0.14	0.23
P_2O_5	0.25	0.23	-
K_2O	0.6	0.5	0.67
CaO	0.35	0.4	0.33
MgO	0.15	0.11	0.18

* مع بعض التعديلات.

تخزين المخلفات الحيوانية (السماد البلدى):

وعند تخزين المخلفات الحيوانية تتحلل بفعل الأحياء الدقيقة والمواد العضوية، وتتحول اليوريا والمواد العضوية الأخرى إلى غاز الأمونيا ويفقد إلى الغلاف الجوى. وكذلك تحت تأثير أنزيم Ureaze يتم تحول اليوريا إلى كربونات الأمونيوم التى تتحلل بسرعة إلى أمونيا وثانى أكسيد كربون وماء.

$$Co(NH_2)_2 + 2H_2O \rightarrow (NH_4)_2\,CO_3$$

$$(NH_4)_2\,CO_2 \rightarrow 2NH_3 + CO_2 + H_2O$$

ويتوقف الفقد فى مخلفات الحيوانات على نوع الفرشة ووجودها وطريقة التخزين ومدة التخزين والظروف الجوية جدول (3-6).

جدول (3-6): فقد المادة العضوية والنيتروجين % عند تخزين المخلفات الحيوانية صيفاً وشتاءً.

نوع المخلفات	التخزين فى الشتاء		التخزين فى الصيف	
	المادة العضوية	النيتروجين	المادة العضوية	النيتروجين
المخلفات السائلة	8-5	8-9	15-9	14-4
المخلفات بفرشة القش	34-31	40-36	40-35	37-35

محتوى العناصر الثقيلة فى المخلفات الحيوانية:

كما يتضح من جدول (4-6) أن محتوى العناصر الثقيلة فى المخلفات الحيوانية منخفض، فعند إضافة 10 طن/فدان/سنوياً لمدة 100 عام يضاف إلى التربة حوالى 20 كجم، 2 كجم، 200 كجم، 1 كجم، 15 كجم، 96 كجم/فدان من B، Mo، Mn، Co، Cu، Zn ومع حساب متوسط المخرجات تكون إضافة المخلفات الحيوانية للعناصر الثقيلة فى الحدود الآمنة.

جدول (4-6): محتوى المخلفات الحيوانية من العناصر الثقيلة ملليجرام/كجم.

العنصر	الحد الأدنى	الحد الأعلى	المتوسط
B	4.5	52.0	20.2
Mo	0.84	15.83	2.37
Mn	75.0	549.0	201.1
Co	0.25	4.70	1.04
Cu	7.6	40.8	15.6
Zn	43.0	247.0	96.0

مخلفات الطيور:

مخلفات الطيور سماد متكامل سريع التأثير يحتوى علـــى النيـــتروجين والفوسفور والبوتاسيوم فى صورة صالحة لامتصاص النبات. جدول (5-6).

جدول (5-6): تركيب مخلفات الطيور والمنتج السنوى للطائر الواحد.

نوع الطيور	تركيب المخلفات % للمادة الخام			المخلفات الناتجة
	N	P_2O_5	K_2O	كجم/سنوياً/للطائر الواحد
الدجاج	2-1	2-1.5	1-0.8	8-6
البط	0.8	1.5	0.4	10-8
الوز	0.6	0.5	1.1	12-10
الأرانب	1.7	1.2	1.1	-

وتختلف كمية النيتروجين والفوسفور والبوتاسيوم فى مخلفات الطيـــور بصورة كبيرة طبقاً لنوع العلف وكميته. ويتواجد النيتروجين فى هذه المخلفـات على شكل حامض اليوريك الذى يتحلل بسرعة مع تكويـــن الأمونيـا. وعنـد التخزين غير الصحيح للمخلفات تتطاير الأمونيـا ويصـل الفقـد فـى كميـة النيتروجين إلى أكثر من 50% خلال 1.5 - 2 شهر.

الفصل السابع

المخلفات الزراعية



الفصل السابع

المخلفات الزراعية

تبلغ الكتلة الحيوية الناتجة من العمليات البيولوجية والتمثيل الضوئي بالتربة إلى ما يوازى 116.7 بليون طن مادة جافة. وأغلب هذه الكتلة لا يصلح مباشرة لتغذية الإنسان أو الحيوان. وتبلغ نسبة المنتجات الثانوية والمخلفات الناتجة من المحاصيل الغذائية إلى نسبة الغذاء الصالح للإنسان 1.5 : 1 من الدرنيات، 2 : 1 من الحبوب، 6 : 1 من الحبوب الزيتية، 10 : 1 للمحاصيل السكرية.

وهذه الكميات الهائلة من المخلفات الزراعية يتم التخلص منها بطرق أغلبها بدائية وذات أثر خطير على البيئة ولا يستفاد حالياً إلا بنسبة بسيطة منها.

وأصبح من الحقائق المسلم بها أن ما يتناوله الإنسان من مصادر الغذاء النباتى والحيوانى لا يمثل إلا أقل من نصف الإنتاج الزراعى. ويذهب الباقى فى صورة مخلفات أو منتجات ثانوية، ويمكن تحويل هذه المخلفات بكفاءة عالية لتوفير مصادر جديدة من الغذاء والعلف والأسمدة ومصادر رخيصة للطاقة.

ونجاح برنامج الاستفادة من المخلفات يتوقف على كل من:

أنواع المخلفات ومصادرها وكمياتها ومواسم وأماكن تجميعها وخصائصها الفيزيائية والكيميائية بالإضافة إلى أوجه الاستفادة من المنتج النهائى، وطريقة التخزين واحتياجات السوق.

وتشير البيانات المتاحة إلى أن هناك العديد من المحاصيل النباتية يتم انتاجها فى مصر وهذه المحاصيل ينتج عنها العديد من المخلفات (جدول 1-7)، مثل القش و الحطب وقشر الحبوب وبقايا استخلاص الزيوت النباتية ومخلفات

الخضر والفواكه ومخلفات النخيل ومخلفات زراعة البن. وتصل كمية هذه المخلفات فى مصر إلى 40 مليون طن/سنويا.

جدول (1-7): المخلفات الزراعية للمحاصيل المختلفة فى مصر.

المخلفات الزراعية	الكمية طن/فدان مادة جافة
قش القمح	2 – 1
حطب الذرة	4 – 2
حطب قطن	4 – 2
مخلفات الموز	10 – 8
تبن الفول	4 – 2
حشائش برية	2 – 1
تقليم الأشجار	2 – 1
مخلفات الخضروات	5 – 4

جدول (2-7): محتوى العناصر المختلفة فى بعض المخلفات النباتية % من الوزن الجاف الكلى.

المحصول	P_2O_5	K_2O	CaO	MgO	SO_3	Na_2O	SiO_2
قش الحلبة	10	30	20	6	3	3	20
أوراق بنجر السكر	8	30	15	12	5	25	2
سيقان عباد الشمس	3	50	15	7	3	2	6
أوراق البطاطا	8	30	30	12	8	3	2
قش الفول	8	25	35	8	6	2	10

أهم التقنيات فى استخدام المخلفات:

1- إنتاج البيوجاز.

2- إنتاج عش الغراب.

3- إنتاج الأسمدة العضوية من مخلفات المزرعة.

4- التحول البيولوجى للمخلفات إلى علف غنى بالبروتين.

5- إنتاج السيلاج من المخلفات النباتية أو الحيوانية أو الأسماك.

6- إنتاج الكتلة الحيوية الميكروبية.

وعلى سبيل المثال لا الحصر فإن محتوى قش الأرز من اللجنين والبروتين خلال مراحل النمو المختلفة يتضح من جدول (3-7) حيث تصل نسبة البروتين إلى 7% ونسبة اللجنين مثلها كذلك، بينما الألياف تصل إلى 5%، كما يتضح كذلك مكونات الكمبوست المطلوب لنمو وتنمية عش الغراب جدول (4-7).

جدول (3-7): محتوى كمبوست قش الأرز من الجنين والبروتين خلال مراحل نمو عش الغراب.

المادة	لجنين	بروتين	ألياف خام
قش الأرز الخام	9.57	5.56	6.82
كمبوست القش بعد نمو Volvariella (بعد 30 يوما)	13.77	6.27	4.62
كمبوست القش بعد نمو Volvariella ثم Pleurotus (بعد شهرين)	8.31	6.39	9.42
كمبوست القش بعد تنمية المشروم لمدة 5 أشهر	7.71	6.92	5.00

جدول (4-7): أمثلة لبعض مكونات الكمبوست اللازم لتنمية فطر عش الغراب.

المـــادة	الكمية بالكيلوجرام				
تبن	1.6	-	68	-	-
قوالح ذرة مجروشة	1700	-	68	-	-
كلوريد بوتاسيوم	11.2	-	1.63	-	-
يوريا	12.6	-	1.18	-	-
نترات أمونيا	11.2	-	-	-	-
حبوب شعير	34	-	12.6	40	40
جبس	22.7	15.24	4.52	40.10	40.10
روث خيل	-	1.16	-	1000	-
روث دواجن	-	101.6	11.33	40	40
مولاس	-	38.1	-	-	-
كسب قطن	-	15.4	-	-	-
سوبر فوسفات	-	-	-	20.6	20.6
كربونات كالسيوم	-	-	-	40.10	40.10
قش قمح	-	-	-	-	1000
سلفات أمونيا	-	-	-	-	12.4

تركيب المخلفات الزراعية:

وكما يتضح من جدول (2-7)، وجدول (5-7) فإن نسبة النيـــتروجين فى المتوسط فى المخلفات الزراعية تبلغ 0.5%، ومعنى ذلك أن إضافة 10 طن من المخلفات للفدان يتم معها إضافة 50 كجم نيتروجين فـــى صـــورة بطيئـــة التيسر، وما زال استخدام المخلفات الزراعية يحتاج إلى مزيد مـــن الدراســـات

لدراسة أفضل ميعاد للإضافة وطريقة الإضافة وطريقة الخدمة بحيث يتم الاستفادة منها مع المحافظة على البيئة.

جدول (5-7): نسبة النيتروجين والكربون فى بعض المخلفات الزراعية.

نوع المخلفات	النيتروجين N جم/100 جم مادة جافة		نسبة الكربون إلى النيتروجين C:N	
	المدى	المتوسط	المدى	المتوسط
قش القمح	0.5 – 0.3	0.4	150 - 100	127
القش بصفة عامة	1.1 – 0.3	0.7	150 – 48	80
مخلفات الغذاء	2.9 – 1.9	-	16 – 14	-
مخلفات المدن	1.3 – 0.3	-	80 – 34	-
مخلفات الأوراق	0.25 – 0.2	-	178 – 127	-

والجدير بالذكر أن التقييم الاقتصادى للاستفادة من المخلفات عملية صعبة وخاصة فى بداية المشروع وذلك لصعوبة تقدير قيمة المخلف، وارتفاع تكاليف الإنتاج، وتنافس المنتج مع بديل آخر كالبيوجاز والغاز الطبيعى.

لهذه الأسباب وغيرها فإنه يجب التركيز على المعايير الاجتماعية وأهمها الصحة العامة للناس والبيئة النظيفة.

أهم العقبات فى استخدام المخلفات الزراعية:

- ارتفاع تكاليف الجمع والنقل لزيادة حجم المخلفات.
- المخلفات الزراعية تتميز بالموسمية على مدار السنة.
- عدم تجانس المخلفات.
- ارتفاع تقنية تصنيع المخلفات.

وأن نظرة شاملة لتدوير المخلفات الزراعيــــة بـــالنظم المتكاملـــة فـــى الاستفادة من المخلفات توضح أنها توفر الاحتياجات اللازمة من كل من:

الأسمدة العضوية والأعلاف اللازمة للحيوانات ومصادر جديدة للغـــذاء ومصادر نظيفة للطاقة وســـــلع اســـتراتيجية وهامـــة (الـــورق – الصناعـــات التخميرية).

الفصل الثامن

مبيـــدات الآفـــات

الفصل الثامن

مبيدات الآفات

خلق الله الكون فى توازن بديع، وعندما يتدخل الإنسان بإفراط أو تفريط فإن هذا التوازن يختل، وفى هذا العصر أفرط الإنسان فـــى اســـتخدام المـــواد الكيميائية فى كافة المجالات، والمبيدات التى تستخدم فى مكافحة الآفـــات مـــن أخطر المواد وأكثرها انتشاراً. ويستهلك العالم حالياً ما يزيد عن أربعة مليـــون طن من المبيدات فى العام، وفى مصر يستخدم حوالى 45 ألف طن سنوياً. ومع ذلك فإن الآفات ما زالت تقضى فعلياً على نصف كمية المحاصيل الزراعية قبل حصادها. وتعرف الآفة بإنها عبارة عن كائن حى يســـبب أضـــراراً للإنســـان والحيوان والنبات، وذلك من خلال نقل مسببات الأمراض أو الإخلال بالنظـــام البيئى فى دورة الإنسان والحيوان والنبات.

وتعرف المبيدات الحشرية بأنها "مركبات تخليقية" تنتمى عادة إلى فئـــة المركبات العضوية، وتستخدم بهدف القضاء على آفات شـــتى ســـواء كـــانت حشرات أو حشائش أو نباتات ضارة أو عديد من الطفيليات الأخرى التى تـــهدد صحة الإنسان.

ويوجد عديد من أنواع المبيدات تختلف فى تركيبها وأثرها كما تختلـــف فى شدة تلوثها للبيئة وفى خصائصها الفيزيائية. وتنقسم إلى مبيـــدات عضويـــة ومبيدات غير عضوية.

والمبيدات تصل إلى الأرض إما بطريقة مباشرة أو غير مباشرة. وأهـــم الطرق المباشرة لوصول المبيد إلى الأرض هى رش المبيد – تدخين التربـــة – أو تعفير التربة. أما الطرق غير المباشرة فهى عن طريق الغلاف الجـــوى أو الرش بالطائرات وكذلك إضافة المخلفات النباتية الملوثة بالمبيدات أو التقـــاوى

المعاملة بالمبيدات. وتتميز المبيدات بالثبات فى التربة حيث يتبقى جزء كبير من المبيد بالتربة (15 – 20%)، ولا يزول أثر هذا المبيد المتبقى إلا بعد فـــترات طويلة (14 – 17 عام). وتمتص النباتات النامية فى الأراضى الملوثـــة ببقايـــا المبيدات جزءاً من هذه المبيدات، وتختزنها فى سوقها وأوراقها وثمارهـــا، ثـــم تنتقل هذه المبيدات بعد ذلك إلى الحيوانات وبالتالى يمكن انتقالها إلى الإنسان.

وكذلك تؤثر المبيدات على الكائنات الدقيقة الموجودة بالتربة الزراعيـــة ويتوقف هذا التأثير على مدى حساسية الكائنات الدقيقة ونوع المبيد وكميته.

أثر المبيدات على الأرض والنباتات يتوقف على كل مما يأتى:

1- نوع المبيد.

2- تركيز المبيد.

3- طريقة استخدام المبيد.

4- نوع المحصول.

5- الخصائص الطبيعية والكيميائية للتربة.

6- مدة تحلل المبيد.

7- الظروف المناخية للمنطقة (الرياح – الحرارة – الأمطار – الضوء).

8- طريقة الرى وكميته.

9- كيفية وطريقة الزراعة، حيث أن الزراعة فى الصوب أو الأنفاق يزيد مـــن الآثار المتبقية للمبيد.

10- حرث خدمة التربة.

وقد قامت كثير من الدول بحظر استخدام عديد من المبيدات وذلك للآثار السامة والمتبقية لهذه المبيدات.

وبالإضافة إلى الأثر المباشر للمبيد فإن هناك بعض المبيدات التى تحتوى على كمية من العناصر الثقيلة التى تترسب فى التربة مثل بعض المبيدات الفطرية التى تحتوى على الزئبق.

بالإضافة إلى ذلك يوجد طرق أخرى للتلوث بالمبيدات مثل استخدام بعض المبيدات فى تخزين الحبوب وبعض الخضروات.



الفصل التاسع

إصـــلاح وتعمـــير
الأراضى الملوثة بالعناصر الثقيلة



الفصل التاسع

إصلاح وتعمير الأراضى الملوثة بالعناصر الثقيلة

لقد أصبح استعادة الأرض الملوثة بالعناصر الثقيلة إلى حالتها الطبيعية عملية صعبة وبطيئة جداً. حيث تعتبر الأرض المقر الأخير للعناصر الثقيلة مما يسبب تدهور خواص الأرض الكيميائية والحيوية بصفة دائمة.

ويوجد عديد من التقنيات لإصلاح الأراضى الملوثة بالمعادن الثقيلة، وحتى يمكن منع تلوث النباتات النامية عليها فإنه يجب الاهتمام بالآتى:

1- غسيل العناصر سهلة الذوبان.

2- تثبيت العناصر صعبة الذوبان فى الأرض.

3- عملية التثبيت الحيوى بواسطة الكائنات الدقيقة فى الأرض.

والجدير بالذكر أن معظم الطرق المقترحة ما زالت مكلفة وخاصة فى حالة المساحات الكبيرة. ومن هذه الطرق:

1- غسيل التربة بمحاليل استخلاص لعدة مرات، فقد وجد أن غسيل التربة الملوثة بالكادميوم بالجير ومحلول EDTA قد خفض محتوى الكادميوم فى الطبقة السطحية من 27.9 إلى 14.4 ملليجرام/كجم.

2- إضافة طبقة سطحية من الأرض غير الملوثة فوق الأرض الملوثة حيث تتركز العناصر الثقيلة فى الطبقة السطحية (صفر - 10سم).

3- كشط وإزالة الطبقة السطحية التى يتواجد فيها العناصر الثقيلة.

4- إضافة بعض المحسنات التى لها القدرة على تثبيت هذه العناصر كالجير والفوسفات.

5- الحرث العميق وقلب الطبقة السطحية إلى أسفل.

6- إضافة بعض المحسنات التى تغير من رقم pH حول التعادل أو القلوية الضعيفة لتقلل صلاحية كل العناصر فيما عدا (الموليبدنم والسلنيوم).

7- زيادة التدابير التى تعمل على تحديد الحد المسموح به وتقليل التلوث من العناصر الثقيلة فى دورة (الأرض – النبات – الحيوان – الإنسان).

8- زراعة النباتات الشرهة لامتصاص العناصر الثقيلة والتخلص منها.

9- زراعة النباتات غير الشرهة لامتصاص العناصر الثقيلة.

وفى النهاية فإن الموضوع يحتاج إلى مزيد من البحث والرصد والتنبؤ. ويمكن التوصية باستعمال الأراضى الملوثة أو المجاورة لمناطق التلوث فى زراعة الأنواع التالية:

1- الأشجار الخشبية الاقتصادية.

2- الأحزمة الخضراء حول المدن.

3- المحاصيل الصناعية كالكتان والتيل والقطن.

4- محاصيل الألياف.

5- مشاتل الزهور ونباتات الزينة.



المراجع



أولاً: المراجع العربية:

1- **أحمد عبد الوهاب عبد الجواد. 1991.** "تلوث التربـــة الزراعيـــة"، الـــدار العربية للنشر والتوزيع.

2- **أحمد مدحت إسلام. 1990.** "التلوث مشكلة العصر"، سلسلة عالم المعرفـــة "152" الكويت.

3- **إعادة استخدام المياه. 1990.** "المؤتمر القومـــــى حــــول البحث العلمى و المياه"، أكاديمية البحث العلمى والتكنولوجيا، القاهرة.

4- **إعادة استخدام وتدوير المخلفات. 1996.** المؤتمر القومى الأول، أكاديميـــة البحث العلمى، القاهرة.

5- **تقرير المجلس القومى للإنتاج والشئون الاقتصادية، المجـــالس القوميـــة المتخصصة.1997.**

6- **توفيق محمد سالم. 1999.** "التلوث مشكلة اليوم والغد"، الهيئة المصريـــــة العامة للكتاب، وزارة الدولة لشئون البيئة.

7- **خالد محمود عبد اللطيف. 1993.** "البيئة والتلوث من منظور الإسلام"، دار الصحوة للنشر والتوزيع – القاهرة.

8- **سعد الله نجم عبد الله النعيمى. 1990.** "علاقة التربة بالمــــاء والنبـــات"، مديرية دار الكتب للطباعة والنشر – جامعة الموصل.

9- **سمير نوف وموراڤين. 1981.** "الكيمياء الزراعية"، دار مـــــير للطباعـــة والنشر، موسكو.

10- **شفيق محمد يونس. 1999.** "تلوث البيئة" دار الفرقان، عمان – الأردن.

11- **صلاح أحمد طاحون. 1968.** "كيمياء ومعادن الأراضى الزراعيـــة"، دار المعارف – مصر.

12- **صلاح أحمد طاحون، أحمد عفت الشربينى والشحات عبد التواب حســن. 1997.** "محاضرات فى أساسيات الأراضى"، كلية الزراعة – جامعة الزقازيق، الزقازيق.

13- **طلعت رزق البشبيشى ومحمد أحمد شريف. 1998.** "أساسيات فى تغذيــة النبات"، دار النشر للجامعات – مصر.

14- **عبد المنعم بلبع. 1988.** "خصوبة الأراضى والتسميد"، دار المطبوعــات الجديدة – الإسكندرية.

15- **كاظم مشحوت عواد. 1987.** "التسميد وخصوبة التربة"، المكتبة الوطنيــة – بغداد.

16- **ـــــــــــــــ. 1986.** "مبادئ كيمياء التربة"، المكتبة الوطنيـــة – بغداد.

17- **محمد السيد أرناؤوط. 1999.** "الإنسان وتلوث البيئة"، الهيئة المصريـــة العامة للكتاب، مصر.

18- **محمد السيد عبد السلام. 1998.** "الأمن الغذائى للوطن العربـــى"، عـــالم المعرفة "230"، الكويت.

19- **محمد بدير العراقى وسلوى محمد أحمد عبد المنعم. 1997.** "اتجاهـــات إنتاج واستهلاك الأسمدة الكيماوية فـــى مصـــر والعـــالم"، المجلـــة الزراعية – جامعة المنصورة 22 (5) :1575 – 1589.

20- محمد عبد الفتاح القصاص. 1999. "التصحر تدهــور الأراضــى فــى المناطق الجافة"، سلسلة عالم المعرفة، "242" الكويت.

21- محمد عبد القادر الفقى. 1999. "البيئة مشاكلها وقضاياها وحمايتها مــن التلوث"، الهيئة المصرية العامة للكتاب، مصر.

22- محمد مصطفى الفولى وفؤاد السيد عبد الله. 1993. "نــدوة الاســتخدام المتوازن للأسمدة تبعاً لظروف التربة والنبات والحفاظ على البيئــة فى المناطق الجافة بشمال أفريقيا والشرق الأوسط، المركز القومــى للبحوث، القاهرة.

23- مصطفى خضر. 1980. محاضرات فى مــنرالوجى الأراضــى" كليــة الزراعة – جامعة الزقازيق – الزقازيق.

24- ممدوح فتحى عبد الصبور. 2000. "تلوث البيئة وصحة الإنسان".

25- منى قاسم. 1999. "التلوث البيئى والتنمية الاقتصادية" الهيئة المصريـــة العامة للكتاب، مصر.

26- نشرة الإحصاء والاقتصاد الزراعى. 1998. وزارة الزراعة، مصر.

27- ورقة مقدمة إلى الــدورة الحاديــة عشــرة للجنــة الإقليميــة للتربــة واستخدامات المياه فى الشرق الأدنى. 1992. "حصر وتقييم موارد التربة فى الشرق الأدنى وشمال أفريقيا"، تونس.

ثانياً: المراجع الأجنبية:

27- **Abdel-Bary, E.A. 1990.** Effect of long term irrigation by Odessa sewage water on the fertility of south chernozem soils. Ph.D. Thesis Inst. Agric., Xarkof Univ. USSR.

28- **Abdel-Bary, E.A. 2000.** Artifical intellegance model for assessment soil pollution. 10th International Conference on Environmental Protection Is Amust, Alexandria. Egypt.

29- **Abdel-Bary, E.A. and Al-Ashkar, R.A. 1998.** "Balady" mandrain trees as affected by different irrigation water sources. International Conference on Hazardous Waste: Source, Effects and Management 12-16 December, Cairo, Egypt.

30- **Abou-El-Naga, M.M., El-Shinnawi, M.S. El-Swaaby and M.A. Salem. 1999.** Chemical pollution of soils, waters and plants at the Industrial Area of Helwan City in Egypt. Egypt. J. Soil Sci., 39, 3, 263-280.

31- **Adriano, D.C. 1986.** Trace Elements in the Terrestrial Environment, Springer-Verlag, New York, 533.

32- **Amberger, A. 1993.** Responsibility of Research for a Location and Crop Specific Application of Fertilizers. 1. Environmentally sound, Location and Crop Specific Application of Fertilizers in Arid areas of North Africa and the Near East.

33- **Andersson, A. 1977a.** Some aspects on the significance of heavy metals in sewage sludge and related products used as fertilizer, Swed. J. Agric. Res., 7, 1.

34- **Andersson, A. and Nilsson, K.. 1976.** Influence on the levels of heavy metals in soil and plant from sewage sludge used as fertilizers, Swed. J. Agric. Res., 6, 151.

35- **Baumeister, W. and Ernst, W. 1978.** *Mineralstoffe und Pflanzenwachstum*. Fisher, Stuttgart, 416.

36- **Beretka, J. 1990.** The current state of utilization of phosphogypsum in Australia, in Proc. 3rd Int, Symp. Phosphogypsum, Vol. 2, Florida Institute of Phosphate Research, Bartow, FL, 394.

37- **Bergmann, W. and Comakov, A. 1977.** Diagnosis of Nutrient Requirement by Plants, G. Fischer Verlag, Jena, and Priroda, Bratislava, 295.

38- **Berrow, M.L. and Webber, J. 1972.** Trace elements in sewage sludges, J. Sci. Food Agric., 23, 93.

39- **Bezdicek, D.F., Power, J.F., Keeney, D.R. and Wright, M.J. 1984.** Organic farming: Current technology and its role in a sustainable agriculture. American Society of Agronomy Special Publication 46, ASA Madison, W.I., pp. 1-36.

40- **Bowen, H.J.M. 1979.** Environmental Chemistry of the Elements, Academic Press, New York, 333.

41- **Castro, M.S., Steydler, P.A., Melillo, J.M., Aber, J.D. and Bowden, R.D. 1995.** Factors controlling atmospheric methane consumption by temperate forest soils. Global Biogeochem. Cycle, 9: 1-10.

42- **Chaney, R.L. 1990.** Food chain impact, Biocycle, 31, 68.

43- **Chatt, J. 1976.** Nitrogen fixation. Future prospects proceedings N. 155, Fertilizer Soc. of London.

44- **Davis, R.D., Beckett, P.H.T. and Wollan, E. 1978.** Critical levels of twenty potentially toxic elements in young spring barley. Plant Soil, 49, 395.

45- **Dudka, S. and Chlopecka, A. 1990.** Effect of solid-phase speciation on metal mobility and phytoavailability in sludge-amended soil, Water Air Soil Pollut. 51, 153.

46- **Dueck, T.L., et al. 1984.** Heavy metal immission and genetic constitution of plant populations in the vicinity of two metal emission sources. Agnew. Bot., 58, 1, 47-53.

47- **El-Bassam, N. and Tietjen, C. 1977.** Municipal sludge as organic fertilizer with special reference to the heavy metals constituents, in Soil Organic Matter Studies. Vol. 2, IAEA, Vienna, 253.

48- **Elsokkary, I. 1980.** Selenium distribution, chemical fractionation and adosrption in some Egyptian alluvial and lacustrin soils. Z. Pflanzenernaehr. Bodenkd., 143.74.

49- **Elsokkary, I.H. 1993.** Contamination of the western area of Nile Delta by Cd, Pb and Hg. In: "Global Prospectives on Pb, Hg and Cd cycling in the Environment", ed: Hutchinson, T.C., Gordan, C.A. and Meoma, K.M. Wiley Eastern, New Delhi, pp. 167-176.

50- **Elsokkary, I.H. 1996.** Synopsis on contamination of the Agricultural Ecosystem by Trace Elements: An Emerging Environmental Problem. Egyp, J. Soil. Sci. 36, 1-4, 1-22.

51- **Environmental Studies Board. 1972.** Nat. Acad. of Sci., Nat., Acad. of Eng. Water Quality Criteria.

51a- **Environmental Management of Groundwater Research in Egypt. 1999.** Research Institute for Groundwater, Cairo.

52- **Erlendstadt, G. 1988.** The Salzgitter technology for the refining of by-product gypsum: experience in Norway in New Frontiers for Byproduct Gypsum, McAdie, H.G. Complier, Orthech International, Ontario, 123.

53- **Ewers, U. 1991.** Standards, Guidelines and Legislative Regulations Concerning Metals and their Compounds. In: "Metals and their compounds in the Environment" Ed. Merian, E. VCH Publish, New York, pp. 687-711.

54- **Filipovic, R. and Stevanovic, D. 1980.** Soil and water nitrate levels in relation to fertilizer utilization in Yugoslovia, in soil Nitrogen as Fertilizer or Pollutant, International Atomic Energy Agency, Panel Proceedings Series, Vienna, 47.

55- **Finnecy, E.E. and Pearce, K.K. 1986.** Land contamination and reclamination, in understanding our environment, Hester, R.E., Ed., Royal Society of Chemistry, London, 1972.

56- **Furr, A.K., Stoewsand, G.S., Bache, C.A. and Lisk, D.J. 1976.** Study of guina pigs fed swiss chard grown on municipal sludge-amended soil, Arch. Environ. Health, 3/4, 87.

57- **Goldman, M.B., Groffman, P.M., Pouyat, R.V., McDonnell, M.J. and Pickett, S.T.A. 1995.** CH_4 uptake and N-availability in forest soil along an urban to rural gradient. Soil Biol Biochem., 27: 281-286.

58- **Goncharuk, E.J. and Sidorenko, G.J. 1986.** Hygienic Regulations for Chemical Substances in Soils, Medicina, Moscow, 320.

59- **Gough, L.P., Shacklette, H.T. and Case, A.A. 1979.** Element concentrations toxic to plants, animals, and man, U.S. Geol. Surv. Bull., 1466, 80.

60- **Gupta, U.C. 1971.** Boron and molybdenum nutrition of wheat, barley and oats grow in Prince Edward island soils, Can. J. Soil. Sci., 51, 415.

61- **Harmsen, K. and de Haan, F.A.M. 1980.** Occurrence and behavior of uranium and thorium in soil and water. Neth. J. Agric. Sci., 28, 40.

62- **Harrison, A.F. 1987.** Soil Organic Phosphorus: A review of World Literature. CAB International, Wallingford, UK.

63- **Hondenberg, A. and Finck, A. 1975.** Ermittlung von Toxizitats-Grenzwerter fur Zink, kupfer and Blei in Hafer und Rotklee, Z. Pflanzenerraehr. Bodenkd., 4/5, 489.

64- **Isermann, K. 1983.** The extent to which agriculture is involved in environmental problems in modern industrial society. Fert. Agric. 85, 3-25.

65- **Jack E. Rechcigl 1995.** Soil Amendments and Environmental Quality CRC, Press, INC. Florida, 504.

66- **Jones, J.B. 1972.** Plant tissue analysis for micronutrients, in Micronturients in Agriculture, Mortvedt, J.J., Giordano, P.M., and Lindsay, W.L., Eds., Soil Science Society of America, Madison, Wis. 319.

67- **Jones, K.C., Davies, B.A. and peterson, P.J. 1986.** Silver in Welch soils: physical and chemical distribution studies, Geoderma, 37, 157.

68- **Kabata-Pendias, A. 1979.** Effects of inorganic air pollutants on the chemical balance of agricultural ecosystems, paper presented at United Nations-ECE Symp. on Effects of Air-borne Pollution on Vegetation, Warsaw, August 20, 134.

69- **Kabata-Pendias, A. 1992.** Maintaining of soil micronutrient status, presented at int. Symp. Soil Resilience and Sustaainble Land use, Budapest, September 27 to October 3.

70- **Kabata-Pendias, A. and Pendias, H. 1979.** Trace Elements in the Biological Environment, Wyd. Geol., Warsaw, 300.

71- **Kabata-Pendias, A. and Pendias, H. 1992.** Trace Elements in Soils and Plants, 2nd ed., CRC Press, Boca Raton, F1, 365.

72- **Kabata-Pendias, A. and Pendias, H. 1993.** Biogechemistry of Trace Elements, PWN, Warsaw, 364.

73- **Kabata-Pendias, A., Bolibrzuch, E. and Tarlowski, P. 1981.** Impact of a copper smelter on agricultural environments, Rocz. Glebozn., 32.207.

74- **Kabata-Pendias, A., Piotowska, M. and Witek, T. 1993.** Standards for the assessment of soil and crop pollution with heavy metals as a guideline for agricultural land use, p-53, IUNG, Pulawy, Poland, (in Polish).

75- **Khalil, N.F., Alnuaimi, N.M. and Mustafa, M.H. 1990.** Utilization of Phosphogypsum in Iraq in Proc 3rd Int. Symp. Phosphogypsum, Vol. 2, Chang, W.F., Ed., Florida Institute of Phosphate Research, Bartow, FL, 402.

76- **Kitagishi, K. and Yomane, I., eds. 1981.** Heavy Metal Pollution in Soils of Japan. Japan Science Society Press, Tokyo, 302.

77- **Kloke, A. 1979.** Content of arsenic, cadmium, chronium, fluorine, lead mercury and nickel in plants grown on contaminated soil, paper presented at United Nations-ECE Symp. on Effects of Air-borne Pollution on Vegetation, Warsaw, August 20, 192.

78- **Kloke, A. 1980a.** *Der Einfluss von Phosphatdungern auf den Cadmiumgehalt in Pflanzen.* Gesunde Pflanzen. 32, 261.

79- **Kovalskiy, V.V. 1974.** Geochemical environment, health and disease, in Trace Subst. Environ. Health, Vol. 8 Hemphill, D.D. Ed. University of Missouri, Columbia Mo., 137.

80- **Kuchenrither, R.D. and McMillan, S.I. 1991.** Preview analysis of national sludge survey, Biocycle, 32, 60.

81- **Linzon, S.N. 1978.** Phytotoxicology Excessive Levels for Contaminants in Soil and Vegetation, report of Ministry of the Environment, Ontario, Canada.

82- **Logan, J.J. and Chaney, R.L. 1983.** Utilization of Municipal Wasterwaters and Sluage on Land, Page. A.L. et al., eds., University of California, Riverside, 235.

83- **Martin, H., Ed. 1968.** Pesticide Manual, British Crop Protection Council, 464.

84- **Mengel, K. and Kirbky, E.A. 1978.** Principles of Plant Nutrition, International Potash. Institute, Worblaufen-Bem, 593.

85- **Menzies, J.D. and Chaney, R.L. 1974.** Waste characteristics, in Factors Involved in Land Application of Agricultural and Municipal Wastes, National Program Staff, U.S. Department of Agriculture, Beltsville, Md., 18.

86- **Miyamoto, M. 1980.** Phosphogypsum utilization in Japan, in Phosphogypsum, Borris, D.P. and Boody, P.W. Eds. Florida Institute of Phosphate Research, Bartow, FL, 353.

87- **Morsk Hydro 1990.** Agricultural Group: Agriculture and Fertilizers, Oslo, Norway.

88- **Nakos, G. 1979.** Lead pollution. Fate of lead in the soil and its effects of Pinus halepensis, Plant Soil, 427.

89- **Nasseem, M.G. and Roszyk, E. 1977.** Studies on copper and zinc forms in some Polish and Egyptian soils, Pol. J. Soil Sci., 10, 25.

90- **Page, A.L., Chang, A.C. and Adriano, D.C. 1988.** Land application of municipal sewage sludge, guidelines trace elements, in Proc. 2nd Int. Symp. Land Appl. Sewage Sludge. Assoc. Utilization Sewage Sludge, Tokyo, 154.

90a- **Processing and Use of Sewage Sludge. 1984.** Proceeding of the 3-d International Symposium. D. Reidel Publishing Company, P. 486.

91- **Schachtschabel, P., Blume, H.P., Hartge, K.H. and Schwertmann, U. 1984.** *Lehrbuch de Bodenkunde*, F. Enke Verlage, Stuttgart, 441.

92- **Senesi, N. and Polemio, M. 1981.** Trace element addition to soil by application of NPK fertilizers, Fert. Res., 2, 289.

93- **Sillanpaa, M.H. 1962.** Trace elements in Finnish soils as related to soil texture and organic matter content, London. 228p.

94- **Singh, M. 1982.** Other trace elements, in Abstr. 12th Int. Soil Sci. Congr., Part I, New Delhi, 412.

95- **Smith, I.C. and Carson, B.L. 1981.** Trace Metals in the Environment, Vol. 6, Ann Arbor Scientific Publications, Ann Arbor, Mich, 1202.

96- **Smith, K.A. and van Dijk, T.A. 1987.** Utilization of phosphorus and potassium from animal manures on grassland and forage crops, in Animal Mannure on Grassland and Fodder Crops, Van der Meer, H.G., Unwin, R.J., Van Dijk, T.A., and Ennick, G.C. Eds., Martinus Nijhoff, Dordrecht, The Netherlands, 87.

97- **Stenstriom, T. and Vahter, M. 1974.** Cadmium and lead in Swedish commerical fertilizers, Ambio. 3, 91.

98- **Steudler, P.A., Jones, R.D., Castro, M.S., Melillo, J.M. and Lewis, D.L. 1996.** Microbial controls of methane oxidation in temperate forest and agricultural soils. NATO ASI Series Vol. 139-69-84.

99- **Tahoun, S.A. and Abdel-Bary, E.A. 1997.** The fertigating value of the sewage effluent of the city of El-Zagazig, Egypt. Egypt, J. Soil Sci., 37, 2, 283-296.

100- **Trudinger, P.A. and Swaine, D.J., Eds., 1979.** Biogeochemical cycling of Mineral-Forming Elements, Elsevier, Amsterdam, 612.

101- **Wilkins, C. 1978b.** The distribution of Br in the soils and herbage of North-West Pembrokeshire, J. Agric. Sci. Camb., 90, 109.

102- **Yrudinger, P.A. and Swaine, D.J., Eds. 1979.** Biogeochemical Cycling of Mineral-Forming Elements, Elsevier, Amsterdam, 612.